AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADORA)

INGENIERÍA:
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN
2

Atena Editora
Ano 2023

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA
(ORGANIZADORA)

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

2

Atena Editora
Ano 2023

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I46 Ingeniería: investigación, desarrollo e innovación 2 / Organizador Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1047-8
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.478231502

1. Ingeniería. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

La triada Investigación, Desarrollo e Innovación es un pilar fundamental tanto desde el punto de vista económico como a la hora de buscar soluciones a los distintos problemas y retos vinculados a la sociedad y la industria. También hay que tener en cuenta que el mercado está en constante evolución y con demanda inmediata. Por lo tanto, surge la importancia de los estudios científicos que promuevan el progreso y uso de los servicios de las empresas, instituciones en el campo de la investigación.

Las tendencias de las nuevas tecnologías, cada vez más especializadas y con más foco en la ciencia científica, prestan más atención a la implementación de actividades rentables a largo plazo y con estrecha reacción a la evolución. Este trabajo destaca la investigación investigativa, estudios vinculados a un carácter más experimental, buscando siempre referirse al sector y dimensión de aplicaciones útiles para la industria y la sociedad.

Dado este contexto, en este trabajo se evidencia la obtención de nuevos conocimientos que permitan descubrir nuevos productos o servicios o mejorar los existentes. La motivación para difundir la investigación se basa en explorar y abordar problemas. Tener una mayor comprensión de un determinado concepto y garantizar una aplicación real es un claro objetivo de Atena Editora junto con este trabajo.

Entonces, ¡Feliz Lectura y Sumérgete en el conocimiento!

Amanda Fernandes Pereira da Silva

SUMÁRIO

CATALISADORES FENTON HETEROGÊNEO: PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM BASE DE PATENTES

Data de submissão: 06/01/2023 *Data de aceite: 01/02/2023*

Robson Almeida Silva
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bacharelado em Química com Atribuições Tecnológicas, Departamento de Ciências. Exatas e Naturais, Grupo de Pesquisa em Inovação Química, GPEIQ
Itapetinga-BA, Brasil
http://lattes.cnpq.br/2063092593220654

João Vinícius Valença Santos
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bacharelado em Química com Atribuições Tecnológicas, Departamento de Ciências. Exatas e Naturais, Grupo de pesquisa em catálise e Química dos materiais, GCQM
Itapetinga-BA, Brasil
http://lattes.cnpq.br/5924601397499147

Willian da Silva
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Licenciatura em Química, Departamento de Ciências. Exatas e Naturais, Grupo de catálise e Química dos materiais, GCQM
Itapetinga-BA, Brasil
http://lattes.cnpq.br/7159885341923454

Daniel Sâmek Santana Nunes
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bacharelado em Química com Atribuições Tecnológicas, Departamento de Ciências. Exatas e Naturais
Itapetinga- BA, Brasil
http://lattes.cnpq.br/7562024677106173

Márcio Souza Santos
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduaçãoem Química
Itapetinga-BA, Brasil
http://lattes.cnpq.br/0715692648363651

Alexilda Oliveira de Souza
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós- Graduação em Química, Departamento de Ciências. Exatas e Naturais
Itapetinga-BA, Brasil
http://lattes.cnpq.br/1082687379842847

RESUMO: Os corantes azoicos são amplamente utilizados em uma variedade de indústrias, como têxteis, cosméticos, impressão, alimentos e plásticos. Estes corantes prejudicam a vida aquática devido à cor característica, o que dificulta a entrada de luz no meio, afetando processos

como a fotossíntese. Os Processos Oxidativos Avançados (POA's) são os mais utilizados nos tratamentos dos efluentes têxteis, dentro deste, o processo Fenton heterogêneo tem se destacado. Nesse contexto, a proposta do presente trabalho foi realizar a prospecção tecnológica em base de patentes sobre o desenvolvimento de catalisadores para reação de Fenton Heterogêneo. Através do mapeamento tecnológico verificou-se o aumento no depósito de patentes sobre o desenvolvimento de catalisadores para remoção de poluentes persistentes em meio aquoso, que somam 15,63% das contribuições, destacando-se a China com maior número de patentes.
PALAVRAS-CHAVE: Corantes, catalisadores, recursos hídricos, prospecção tecnológica.

HETEROGENEOUS FENTON CATALYSTS: TECHNOLOGICAL PROSPECTING ON THE BASE PATENTS

ABSTRACT: Azo dyes are widely used as coloring agents in a variety of industries, such as textiles, cosmetics, printing, foods, and plastics. These dyes are damaging to the aquatic life due to their color, which prevents the entry of light in the environment, affecting processes such as photosynthesis. The Advanced Oxidation Processes (AOPs) are the most used in the treatment of textile effluents, among which the heterogeneous Fenton process has stood out. In this context, the proposal of the present work was to conduct the technological prospecting on the base patents on the development of catalysts for Heterogeneous Fenton reaction. Through technological mapping, there was an increase in the deposit of patents on the development of catalysts for the removal of persistent pollutants in aqueous media, which add up to 15.63% of contributions, with China standing out with the highest number of patents.
KEYWORDS: Dyes, catalysts, water resources, technological prospecting.

1 I INTRODUÇÃO

As atividades industriais são fundamentais para o desenvolvimento da sociedade e da economia. No entanto, muitos processos industriais produzem uma variedade de resíduos que, em sua maioria, não são tratados adequadamente, provocando impactos ambientais. Nessa perspectiva, a indústria têxtil é considerada uma das mais poluentes, pois os efluentes gerados, quando não tratados, apresentam geralmente as seguintes características: pH acima de 7, coloração intensa, alta demanda química e bioquímica de oxigênio e elevada concentração de sólidos totais (RAMOS *et al*., 2021; MADHAV *et al*., 2018). Quando efluentes dessa natureza são descartados nos recursos hídricos, provocam a contaminação da água potável e colocam em risco a saúde humana.

As técnicas de biorremediação, coagulação-floculação, separação por membrana, adsorção, entre outras, são algumas das possibilidades para o tratamento de efluentes têxteis. Cada método tem as suas vantagens e desvantagens, os métodos físicos de adsorção e separação por membrana, por exemplo, são eficientes para tratar águas residuais, mas levam à produção de lodo, têm aplicabilidade limitada e os contaminantes são apenas transferidos da fase aquosa para a sólida, fazendo com que o problema persista (AL-TOHAMY *et al*., 2022; AKPOMIE; CONRADIE, 2020; KAUSHIK; MALIK, 2009; RAMOS

et al., 2021). Uma alternativa aos tratamentos convencionais consiste na utilização dos Processos Oxidativos Avançados (POA's).

Os POA's atuam degradando ou mineralizando os corantes, transformando-os em moléculas menores ou em H_2O e CO_2 (XIANG *et al*., 2022). O principal mecanismo do processo é a geração de radicais hidroxila (·OH), extremamente reativos, com potencial de oxidação de 2,8 eV, não seletivos e capazes de reagir rapidamente com quase todos os compostos orgânicos. Dentre os POAs, o processo Fenton heterogêneo e a fotocatálise heterogênea destacam-se pela eficiência aliada à simplicidade de operação.

O processo Fenton utiliza catalisadores à base de ferro, podendo ser homogêneo ou heterogêneo. No processo homogêneo, os catalisadores são íons de ferro (Fe^{2+} e Fe^{3+}) em meio aquoso, enquanto no processo heterogêneo são utilizados catalisadores sólidos. Em comum, os dois processos, apresentam o mesmo ciclo reacional, em que, a conversão cíclica dos íons Fe^{2+} em Fe^{3+} e dos íons Fe^{3+} em íons Fe^{2+} através, respectivamente, da oxidação e redução da molécula de H_2O_2, resulta na formação do radical hidroxila (OH) e do radical hidroperoxila (HO_2), respectivamente. No sistema Fenton heterogêneo, o Fe^{2+} em solução é substituído por um catalisador sólido, permitindo que as reações catalíticas ocorram em sítios ativos na superfície do catalisador, evitando a lixiviação de íons de ferro, estendendo a faixa de pH e reduzindo a quantidade de lodo produzido (ZHANG *et al*., 2019; LIU *et al*., 2017).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o desenvolvimento tecnológico na produção de catalisadores, com vistas a aplicação na reação de Fenton Heterogêneo. Para atender a proposta, realizou-se uma avaliação sistemática através do mapeamento em bancos de patentes.

2 | METODOLOGIA

A avaliação sistemática através do mapeamento tecnológico se deu sob caráter exploratório, considerando o trabalho desenvolvido por Silva & Gonzaga (2020). O mecanismo de prospecção deu-se analisando as informações contidas em documentos de patentes buscando identificar principais áreas e setores desenvolvedores, países, empresas e organizações que atuam para o aperfeiçoamento de tecnologias existentes acerca da produção de catalisadores para degradação de poluentes orgânicos presentes em meio aquoso, sobretudo aqueles aplicados na remoção de corantes descartados em efluentes industriais.

Nesta perspectiva, a busca foi realizada por meio do portal do Escritório Europeu de Patentes (ESPACENET) na qual compreende o depósito de mais de 90 organizações internacionais (Adaptado de SILVA & GONZAGA, 2020; QUINTELLA et al., 2020) durante o período de novembro a dezembro de 2022. Por meio de um escopo de dados na qual compreende-se palavras-chave utilizadas no mecanismo de busca, utilizou os termos

"*Catalyser AND degradation AND dye*" na qual foram identificadas um total de 97 patentes.

Os dados foram baixados no formato computacional "Xls" e o tratamento de informações ocorreu através do *software* da *Microsoft Excel®*. As informações obtidas se deram através de patentes a partir de 1950, no entanto, foram avaliadas as patentes a partir de 1970 no critério de exclusão de melhor paridade de dados a serem visualizados, podendo-se compreender de forma mais objetiva as principais tendências tecnológicas envolvidas.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias está intrinsecamente ligado à avaliação progressiva de inovações no mercado ao longo dos anos. O Gráfico 1 foi plotado, com vistas a apresentar um panorama da progressão de patentes tecnológicas relacionadas ao desenvolvimento de catalisadores com foco na degradação aquosa de poluentes e também de aplicações relacionadas.

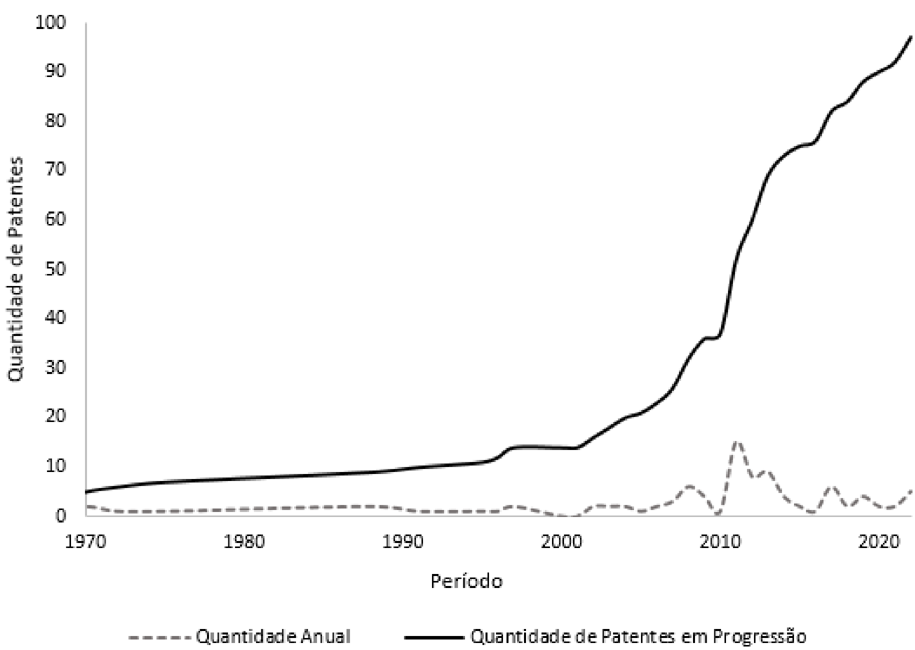


Gráfico 1 – Progressão tecnológica de aplicações tecnológicas de catalisadores inorgânicos em rede de aplicações desde 1970.

Fonte: Autores (2023).

Observa-se no Gráfico 1 que houve um aumento de interesse no depósito patentário de tecnologias, relacionadas ao tema sob estudo, a partir do ano de 2011, demonstrando que a comunidade científica está investindo na produção de novos catalisadores que

atendam a demanda do mercado. Tais catalisadores estão sendo sintetizados por diferentes rotas priorizando o baixo custo e processos ambientalmente amigáveis. No entanto, mesmo verificando-se o aumento de patentes depositadas, nota-se que de 2017 a 2022 o depósito anual oscila para baixo, sinalizando a necessidade do aumento e aprimoramento de pesquisas, com vistas à produção de produtos tecnológicos eficientes para atender uma demanda do mercado de catalisadores para reação de Fenton Heterogêneo.

O Gráfico 2 destaca os principais países e organizações depositantes de patentes globais, evidenciando maior interesse na aplicação de tecnologias.

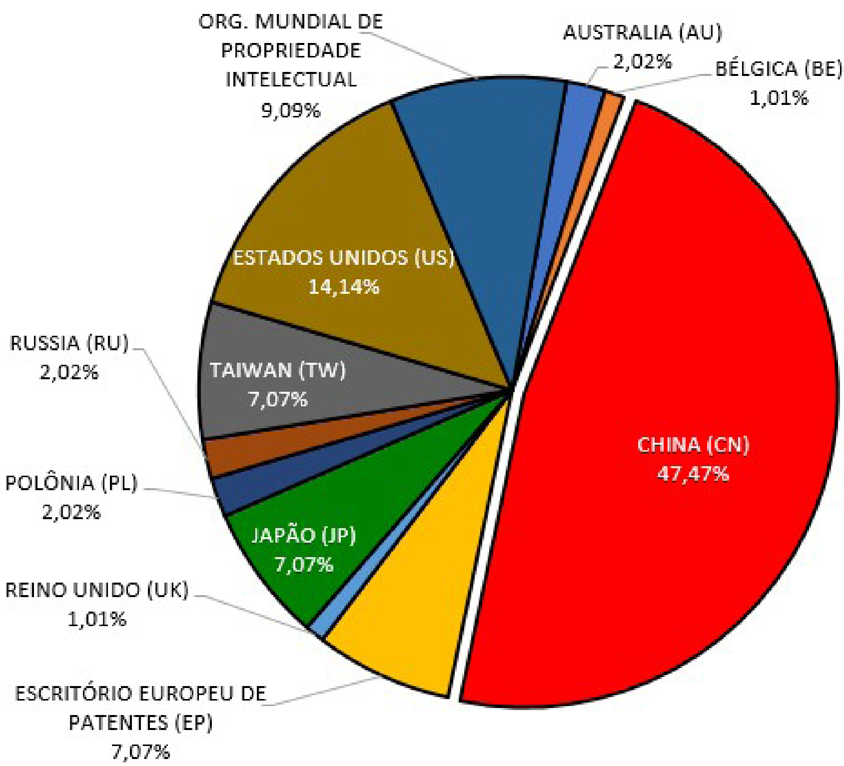


Gráfico 2 – Principais países e organizações depositantes de tecnologias patenteadas desde 1970.

Fonte: Autores (2023).

A partir das informações destacadas do Gráfico 2, observa-se que a China Continental domina quase metade das patentes globais depositadas ao longo do período de 1970 a 2022 com 47,47% das aplicações. Uma das patentes chinesas que mais se destaca “CN101108354A” foca no desenvolvimento de um catalisador de luz visível de dióxido de titânio e demais métodos de fabricação do mesmo com ênfase na degradação de poluentes. Do mesmo modo, a patente “CN103482770A” que reflete a aplicação na área de química dos fármacos com uma tecnologia desenvolvida para degradar compostos de antraquinona

em águas residuais através da aplicação do fungo *Phanerochaete chrysosporium* como dopante biológico em catalisadores inorgânicos.

Notou-se ainda que os Estados Unidos são o segundo país com mais depósitos de inovações destacando a patente “US10046985B2” no desenvolvimento de um método para remoção de corantes catiônicos de uma solução aquosa usando adsorvente constituído por uma membrana insolúvel em água disposta sobre um substrato.

O Brasil, por sua vez, não apresentou patentes depositadas ao longo desse período, demonstrando uma fragilidade no desenvolvimento de tecnologias adequadas para produção de catalisadores do tipo Fenton Heterogêneo, bem como para suprir à necessidade do mercado que busca por sistemas eficientes, de baixo custo e que atenda os principios da química verde.

Dentro do rol de países e organizações depositantes, foi possível analisar o direcionamento das tecnologias estudadas por meio de seus principais setores de aplicação, como ilustrado no Gráfico 3.

O setor empresarial é um dos grandes dominadores no depósito de patentes, sobretudo, vislumbrando o interesse do setor privado para estes fins. Destaca-se o setor acadêmico, através das Universidades e Institutos de Pesquisa pelo mundo com quase 30% de patentes depositadas, sendo muito importante frisar a pesquisa científica como caminho direto para o desdobramento de novos catalisadores eficientes que possam ser aplicados na indústria e que os mesmos demonstram interesse pela tecnologia e refletem em um aumento no depósito de patentes. De acordo com Noronha et al., (2022) os ambientes organizacionais têm sofrido grandes mudanças em face aos avanços de inovação tecnológica dos setores industriais.

De maneira intrínseca, o Gráfico 4 enfatiza as áreas de aplicação tecnológica das patentes estudadas de maior direcionamento. Notou-se que as áreas da indústria têxtil e engenharia de materiais contemplam quase um terço das patentes estudadas, seguidamente de aplicações voltadas à área da catálise química industrial (19,39%) e na bioquímica farmacêutica industrial (14,29%). Dentre as demais áreas que se destacaram no mapeamento tecnológico, situa-se os Institutos de Pesquisa em Química de Materiais, na qual corresponderam a 26,53% de tecnologias depositadas, como corrobora-se também na visualização dos dados obtidos no Gráfico 3. Nesta perspectiva, é importante ressaltar que a área da catálise heterogênea no âmbito da ciência dos materiais é de crescente evolução, e suas perspectivas futuras são de atrair cada vez mais o interesse industrial e de aplicações com novos produtos tecnológicos no mercado global na era da quarta revolução industrial.

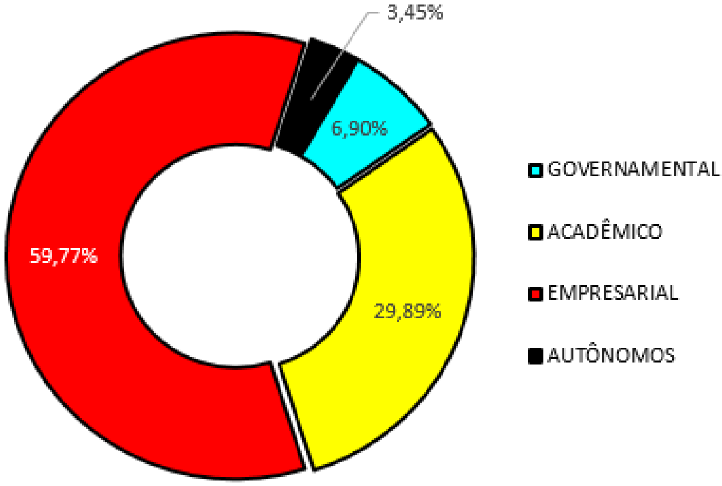


Gráfico 3 – Principais setores depositantes de patentes acerca de catalisadores e métodos de aplicação industrial para fins de degradação de poluentes.

Fonte: Autores (2023).

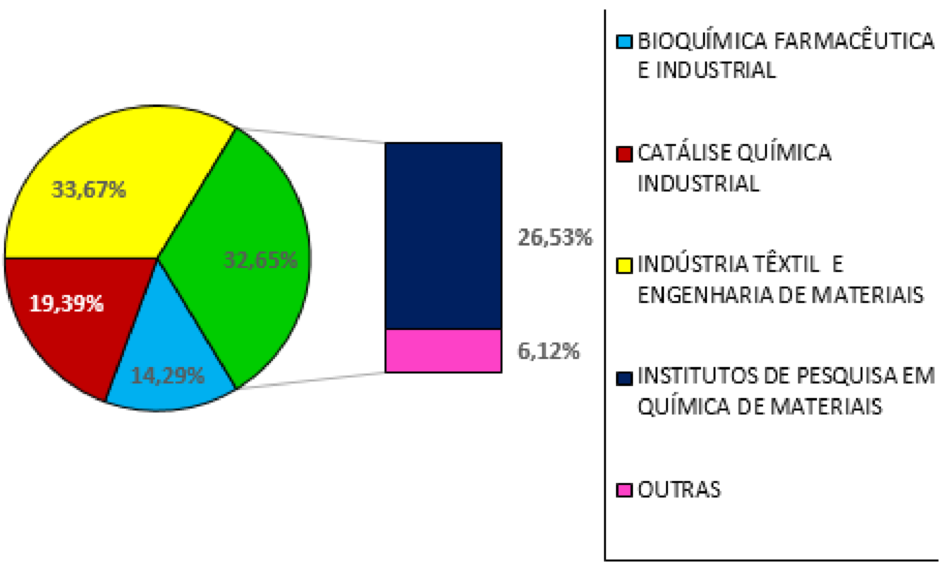


Gráfico 4 – Principais áreas depositantes de patentes acerca de catalisadores e métodos de aplicação industrial para fins de degradação de poluentes.

Fonte: Autores (2023).

O Gráfico 5 ilustra as principais aplicações das patentes estudadas desde 1970, em detrimento de suas áreas e seus setores de maiores depósitos patentários.

É importante destacar, que o desenvolvimento de catalisadores na obtenção de complexos poliméricos é de grande notoriedade neste mapeamento tecnológico com quase 40% no direcionamento das aplicações. Um dos exemplos nas aplicações deste

setor está na patente chinesa “CN110961159A” no desenvolvimento de um catalisador bimetálico Fe-Co/ZIF-67 ao adicionar Co^{2+} e Fe^{3+} na solução ZIF-67, visando ajustar o valor de pH da solução ZIF-67 usando uma solução contendo base de hidroxila (OH) e realizar uma reação em condições ultrassônicas, na qual coletou- se uma parte de fase sólida obtida após a operação e promover a calcinação para obter o catalisador bimetálico Fe-Co/ZIF-67. O catalisador pode ser usado para tratamento de águas residuais sob vários valores de pH, o método de preparação é simples e o catalisador preparado possui elevada eficiência catalítica. Destaca-se que o catalisador patenteado apresenta-se como uma nova alternativa que integra alta eficiência, economia, proteção ambiental e reutilização.

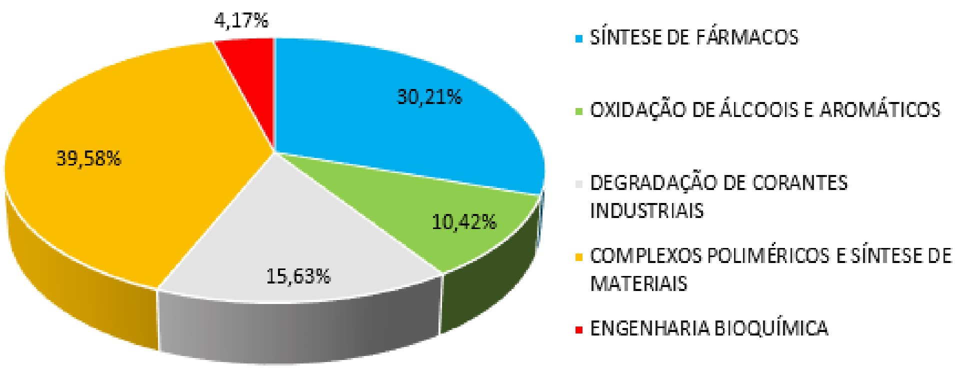


Gráfico 5 – Direcionamento das aplicações tecnológicas na síntese de materiais relacionados desde 1970.

Fonte: Autoria (2022).

Verificou-se que o desenvolvimento de catalisadores para síntese de fármacos contemplou 30,21% do total de patentes encontradas. Por sua vez, aplicações voltadas à degradação de corantes oriundos da indústria somam 15,63% das contribuições patentárias, demonstrando que as organizações mundiais possuem interesse nesse tema e estão buscando alternativas para atender a demanda por catalisadores que sejam eficientes para remoção de poluentes orgânicos, como os corantes, presentes em meio aquoso, por mecanismos oxidativos avançados. Dessa forma, a patente “CN103359824A” destaca um método de tratamento de águas residuais contendo corantes utilizando minério de ferro como catalisador em um processo do tipo bio-eletro-Fenton. Entretanto, faz-se necessário investimentos científicos no tema sob estudo, pois o desenvolvimento de uma variedade de corantes sintéticos para os mais variados fins possibilitou o aumento da produção e o desenvolvimento do setor industrial, no entanto, esses corantes quando não tratados adequadamente e descartados nos recursos hídricos representam uma ameaça à saúde humana e ao meio ambiente.

4 | CONCLUSÃO

Através do mapeamento realizado no presente estudo, verificou-se o aumento no depósito de patentes tecnológicas acerca de catalisadores para fins de remoção de poluentes persistentes, tendo a China como principal país aplicante. Institutos de Pesquisa em Química dos Materiais demonstraram aumento no desenvolvimento de inovações tecnológicas na qual o principal direcionamento está focado no desenvolvimento de novos catalisadores, com vistas à degradação de corantes oriundos da indústria têxtil que somam 15,63% das contribuições patentárias.

As perspectivas do desenvolvimento de novos métodos inovadores na síntese de materiais para fins de um melhor desempenho catalítico aplicado à indústria faz-se de grande necessidade, visando reduzir etapas e viabilizando ganhos econômicos com um produto tecnológico no mercado.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), ao Centro de Pesquisa em Química (CEPEQ/UESB), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Grupo de Pesquisa em Inovação Química (GPEIQ/UESB).

REFERÊNCIAS

AKPOMIE, K. G.; CONRADIE, J. Advances in application of cotton-based adsorbents for heavy metals trapping, surface modifications and future perspectives. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 201, p. 110825, 2020.

AL-TOHAMY, R.; ALI, S. S.; LI, F.; OKASHA, K. M.; MAHMOUD, Y. A. G.; ELSAMAHY, T.; JIAO, H; FU, Y.; SUN, J. A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 231, p. 113160, 2022.

GUPTA, S. A.; VISHESH, Y.; SARVSHRESTHA, N.; BHARDWAJ, A. S.; KUMAR, P. A.; TOPARE, N. S.; RAUT-JADHAV, S.; BOKIL, S. A.; KHAN, A. Adsorption isotherm studies of Methylene blue using activated carbon of waste fruit peel as an adsorbent. **Materials Today: Proceedings**, v. 57, p. 1500-1508, 2022.

KAUSHIK, P.; MALIK, A. Fungal dye decolorization: recent advances and future potential. **Environment international**, v. 35, n. 1, p. 127-141, 2009.

LIU, Y.; JIN, W.; ZHAO, Y.; ZHANG, G.; ZHANG, W. Enhanced catalytic degradation of methylene blue by α-Fe_2O_3/graphene oxide via heterogeneous photo-Fenton reactions. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 206, p. 642-652, 2017.

MADHAV, S.; AHAMAD, A.; SINGH, P.; MISHRA, P. K. A review of textile industry: Wet processing, environmental impacts, and effluent treatment methods. **Environmental Quality Management**, v. 27, n. 3, p. 31-41, 2018.

NORONHA, Matheus Eurico Soares de et al. A agilidade organizacional e a difusão de inovação tecnológica das empresas cleantech. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 12, n. 1, p. e0412, 2022.

QUINTELLA, Cristina M.; MATA, Maria M. T.; GHESTI, Grace F.; MIGUEL, Pedro de Assis Lopes T. M. Vacinas para coronavírus (COVID-19); SARS- COV-2): Mapeamento preliminar de artigos, patentes testes clínicos e mercado. **Caderno de Prospecção** – Salvador, v 13, n. 1, p. 3 -12, março, 2020.

RAMOS, M. D. N.; SANTANA, C. S.; VELLOSO, C. C. V.; DA SILVA, A. H. M.; MAGALHÃES, F.; AGUIAR, A. A review on the treatment of textile industry effluents through Fenton processes. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 155, p. 366-386, 2021.

SILVA, Robson Almeida; GONZAGA, Fabiany Cruz. Prospecção tecnológica: mapeamento patentário aos processos da biotecnologia sobre vírus ssRNA (+) para o direcionamento de vacinas a SARS-CoV-2. **Revista Ensino, Saúde e Biotecnologia da Amazônia**, p. 21-34, 2020.

ZHANG, M. H.; DONG, H.; ZHAO, L.; WANG, D. X.; MENG, D. A review on Fenton process for organic wastewater treatment based on optimization perspective. **Science of the Total Environment**, v. 670, p. 110-121, 2019.

ESTIMATION OF THE QUANTITY OF COMPACTOR TRUCKS REQUIRED FOR MUNICIPAL SOLID WASTE COLLECTION IN THE CITY OF JAEN

Data de aceite: 01/02/2023

Annick Estefany Huaccha-Castillo
Instituto de Ciencia de Datos de la Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú
https://orcid.org/0000-0002-9556-0080

Jicson Einstein Campos-Castillo
Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú

Lili Yulisa Cubas-Pérez
Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú

Franklin Hitler Fernandez-Zarate
Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú
https://orcid.org/0000-0002-8203-9026

ABSTRACT: Municipal solid waste management (MSW) is a challenge facing local and national authorities. The objective was to determine the demand for compactor collection trucks (CRC) for the provision of the MSW collection service of the city of Jaen administered by the Provincial Municipality of Jaen (MPJ). The MSW generation data was extracted from the solid waste characterization studies (ECRS) of the MPJ. For the calculation of CRC, a weekly peak coefficient of 1.6 was used, a daily peak coefficient of heterogeneous distribution of 1.67 and six working days per week. It was evident that about 80% of MSW generated in the city of Jaen corresponds to organic waste and it was estimated that the current need for CRC is nine and will increase in one every eight years. It is concluded that the number of CRC with which the city of Jaen has is insufficient to cover the demand of the collection service of MSW that are generated daily.

KEYWORDS: Characterization study, Floating population, Organic waste.

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CAMIONES COMPACTADORES NECESARIOS PARA LA RECOGIDA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA CIUDAD DE JAÉN

RESUMEN: La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es un reto al que se enfrentan las autoridades locales y nacionales. El objetivo fue determinar la demanda de camiones recolectores compactadores (CRC) para la prestación del servicio de recolección de RSU de la ciudad de Jaén administrada por la Municipalidad Provincial de Jaén (MPJ). Los datos de

generación de RSU se extrajeron de los estudios de caracterización de residuos sólidos (ECRS) de la MPJ. Para el cálculo del CRC se utilizó un coeficiente de pico semanal de 1,6, un coeficiente de pico diario de distribución heterogénea de 1,67 y seis días laborables por semana. Se evidenció que cerca del 80% de los RSU generados en la ciudad de Jaén corresponden a residuos orgánicos y se estimó que la necesidad actual de CRC es de nueve y se incrementará en uno cada ocho años. Se concluye que el número de CRC con el que cuenta la ciudad de Jaén es insuficiente para cubrir la demanda del servicio de recogida de RSU que se generan diariamente.
PALABRAS CLAVE: Estudio de caracterización, Población flotante, Residuos orgánicos.

1 I INTRODUCTION

The MSW are composed of organic waste, paper, glass, plastics, cans, textiles and others (Jin et al., 2016; Jurič et al., 2006); its generation is daily and are considered a problem due to factors such as: demographic expansion, lack of economic resources in municipalities, deficiencies in education and environmental awareness. This problem is reflected in a poor collection system of MSW, scarce cleaning of public areas and the existence of dumps that are sources of pollution and damage the landscape beauty (Gonzales, 2021).

In the city of Jaen there is evidence of a population growth, this brings with it more generation of MSW. Added to this is the lack of environmental commitment of society to collaborate with the segregation and recovery of waste before being delivered to the collection service carried out by the Sub Management of Public Cleaning of the MPJ. This reality causes the generation of inadequate waste disposal areas and the possible purchase of vehicles for the raw collection of MSW (Campos & Cubas, 2022).

Through the solid waste management information system (SIGERSOL), the MPJ in 2019 reported that it has five CRC of manual load and fixed box, with an average capacity of 6.2 m^3, whose daily collection only serves 62 m^3 of RSM, Thus there is a gap regarding the amount of waste that is actually generated in the city evidenced in the continuous presence of areas intended for informal and illegal storage which generates unrest in the population (Campos & Cubas, 2022).

Hernández and Santana (2018) State that the vehicles used for the collection and transport of MSW must be according to the needs of the city and complying with the routes that are designed and facilitate the journey of vehicles in order to collect 100% of the MSW generated in the city. Huaccha (2017) argues that the CRC develop the collection service according to the mechanical state and the financial viability of the operation, which translates into alterations of route, frequency and coverage in specific areas of the city under different circumstances. The collection of MSW is a challenge according to the characteristics of the terrain, climatic conditions and limited space for CRC.

Zafra (2009) states that the production of MSW varies over the years, due to the

economic development and type of consumption of society, which is reflected in the high generation of MSW generating an environmental problem. Ronen et al. (1983) They note that methodologies need to be applied to correctly estimate the appropriate number of CRC needed to serve a locality. In addition, the collection of MSW is the responsibility of the authorities and comprises between 5 and 25% of municipal expenditures (McLeod & Cherrett, 2011).

Under this context, the research aims to (1) characterize the generation of MSW generated in the years 2013, 2015, 2017 and 2019, (2) estimate the demand for CRC needed in the MSW collection service in the years 2013, 2015, 2017 and 2019, (3) project the future demand for CRC needed for the MSW collection service in the city of Jaen.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Location of the study

The research was carried out in the city of Jaen, district and province of Jaen. It is located in the North Eastern sector of the Cajamarca region, at an altitude of 732 m. with a maximum temperature of 33 °C and a minimum of 12 °C and a precipitation of 780 mm per year (Figure 1).

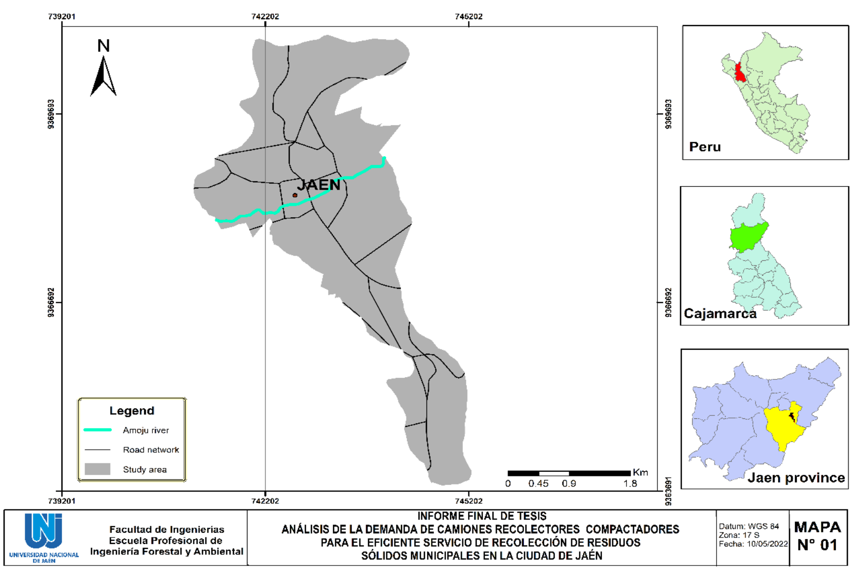


Figure 1. Study area location map.

2.2 Data collection

The data were taken from documents approved and published by the MPJ and the Ministry of the Environment of Peru (MINAM) considering observations referring to the systematic, valid and reliable recording of the data collected. The data of the ECRS of the MPJ were collected and classified according to the type of waste in order to determine the percentage of generation in the period of occurrence of the characterization studies. In addition, MSW per capita generation (GPC) data were taken in 2013, 2015, 2017 and 2019 to determine the actual tonnes of MSW generated per day, and calculate the demand for CRC capacity of 8 m^3 considering the population increase and the geographical particularities of Jaen (road slope, direction of roads, access to controlled dump).

2.3 Estimation of the generation of design MSW (Gd)

Typical values were used for the peak coefficients of waste generation (weekly peak coefficient-Cps and daily peak coefficient of heterogeneous distribution-Cpddh) according to what was indicated by (Tejero et al., 2002). For the Cps was employed 1.6 for being Jaen a city that exceeds the threshold of 100,000 inhabitants in urban area, for the Cpddh was considered six days a week for the operations of collection of the MSW in Jaen, taking into account that on Sundays there is no municipal work. Its calculation was made by equation (1):

$$Cpddh = \left[\frac{7}{n}; 1 + \frac{7}{n}\right] \qquad \dots \quad \text{equation (1)}$$

Where, "n" represents the number of days per week in which MSW.

The calculation of Gd in t/day was made with the equation (2) proposed by

$$Gd \; = \; GPC * population * Cps * Cpddh \qquad \dots \quad \text{equation (2)}$$

2.4 Projection of future demand for CRC

To determine the amount of CRC needed for the next 20 years, the number of CRC itineraries per day was calculated using equation (3) proposed by Zafra (2009):

$$itineraries = \frac{Gd}{Vc * \rho c} \qquad \dots \quad \text{equation (3)}$$

Where, Vc is the cash volume of the CRC in m^3 (8 m^3) and ρc is the density of the MSW within the CRC expressed in t/m^3 (0.6 t/m^3); then the number of CRC trips per working day was estimated by equation (4):

$$trip = \frac{JL}{T_{itinerary}} \qquad \dots \quad \text{equation (4)}$$

Where, JL represents the working day (12 hours) and $T_{itinerary}$ (4 hours) is the total time of the itinerary of collection by the CRC in hours. Finally, the number of CRC required for the collection of MSW was calculated through equation (5):

$$CRC = \frac{T_{itinerary}}{trip} \qquad \ldots \quad \text{equation (5)}$$

3 I RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Generation per capita of MSW of the city of Jaen

With the records of the ECRS an increase of 1.6% is evidenced in the GPC between the years 2013 to 2015 and 2017 to 2019, however, the same does not happen between the years 2015 to 2017 period in which it is constant and an increase of 3.2% is observed in the GPC between 2013 and 2019 (Figure 2).

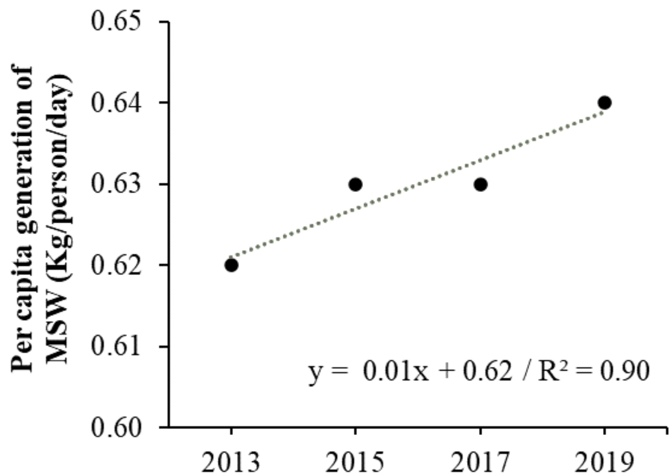


Figure 2. Generation per capita of MSW of the city of Jaen for the year 2013, 2015, 2017 and 2019.

3.2 Characterization of the MSW of the city of Jaen

The Figure 3 shows that organic matter is the component with the highest generation percentage during the four years with a linear growth from 2013 to 2017 and a decrease from 2017 to 2019, reaching the highest generation percentage (80%) in 2017. From 2017 to 2019 the components "paper, cardboard, plastics, polyethylene terephthalate (PET), foliage wood and others" show an increase of about 7%, however the waste classified as rest do not exceed 7% of the total generation.

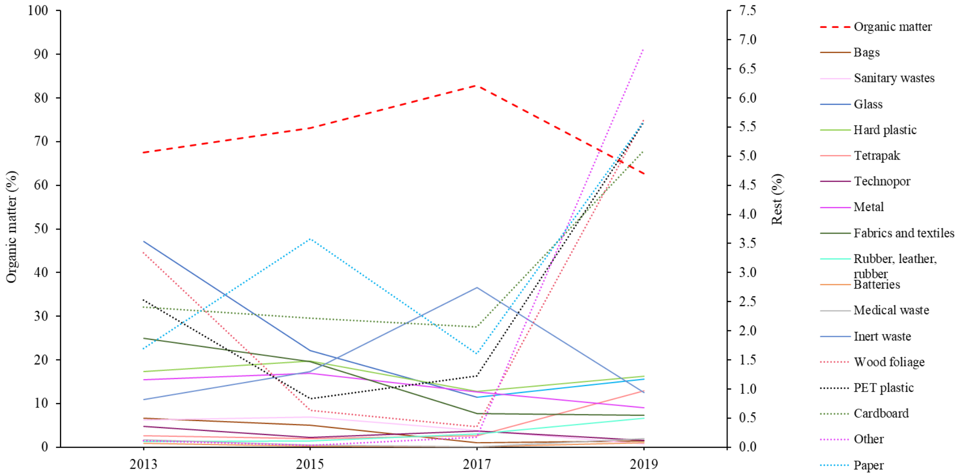


Figure 3. Characterization of the generation of MSW in the city of Jaen for the years 2013, 2015, 2017 and 2019.

It was evidenced that between 67 and 83% of the MSW generated in the city of Jaen corresponds to organic waste, data within the average reported for Latin America (Graziani, 2018) being an opportunity for its biological valorization through the composting process (Huamaní et al., 2020; Jaime-Huaman et al., 2021). Similar trends where the highest percentage of MSW corresponds to organic waste were reported in different studies (Burga, 2021; Cáceres, 2017; Castillo y De Medina, 2014; Salazar, 2013). This value of organic waste generation is due to the consumption habits of the inhabitants and the availability of products in the market (Durán et al., 2013); in contrast, in developed countries the percentage of organic matter is usually around 35% ((Siami et al., 2019). In addition, it was observed that plastic type PET presents between 0.8 and 5.6 % with results similar to those reported by (Jaime-Huaman et al., 2021; Ramírez et al., 2020; Ruiz, 2012), considering that the wide range of variation is due to the alterations in the consumption patterns of the population (Araiza et al., 2017) and to the containers without return manufactured with little or no degradable materials (Mosler et al., 2006).

3.3 Estimation of the generation of MSW design (Gd)

The Figure 4 shows that the generation of MSW takes into account the records of the ECRS (2013 to 2019) and thus the projection of the generation of MSW to 2039. It is expected that Gd will be higher than the generation of waste detailed in the ECRS since the latter do not consider the amount of fermented material, burned, thrown into sewers or urban pipelines, donated, sold and recovered for recycling (Tchobanoglous et al., 1994).

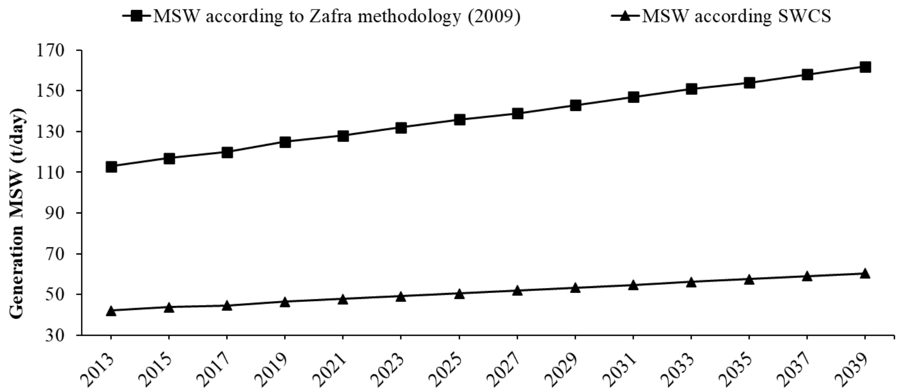


Figure 4. Generation of MSW according to the ECRS and the Zafra methodology (2009)

The per capita generation of MSW is in the range of 0.62 to 0.64 kg/hab/day, similar to that reported in the district of Panao, Huánuco whose GPC was 0.64 kg/hab/day (Cabello et al., 2020) and higher than the data reported in the district of Roque (Peruvian jungle) whose GPC was 0.42 kg/hab/day (León y Meléndez, 2017); similarly in the district of Huancabamba province of Oxapampa the GPC was 0.44 kg/hab/day (Quispe, 2018); these variations are related to population growth and the level of development of cities (Al-Khatib et al., 2010; Benítez et al., 1998).

The generation of MSW design taking into account the peak coefficients proposed by Zafra (2009) was 2.7 times the amount of solid waste estimated in the MSW characterization studies; this result is due to the fact that the tip coefficients consider fermented waste, burned, thrown into sewers, pruning, cleaning of gardens, holidays, waste sold and recovered through recycling (Tchobanoglous et al., 1994), added to this, MSW characterization studies do not consider the floating population, therefore they underestimate the generation of MSW (Rhyner et al., 2017).

3.4 Number of CRC itineraries and trips per working day.

The Table 1 shows the number of itineraries and trips that the CRC must make for the collection service of the MSW of the city of Jaen considering the 12 hours of work and the time it takes each CRC to make a trip (start and end of journey).

items	unit of measure	year			
		2013	2015	2017	2019
Gd	t/day	113	117	120	125
itineraries	itineraries/day	24	24	25	26
Number of trips	trips/working day	3	3	3	3

Number of CRC needed to meet the demand for collection of MSW

Table 1: Number of CRC itineraries and trips per working day.

The Figure 5 shows the amount of CRC with capacity of 8 m^3 needed to provide a collection service in the city of Jaen, being necessary to purchase an additional CRC of 8 m^3 every eight years, this considering that the city of Jaen maintains this same population growth and the same trend regarding the generation of MSW.

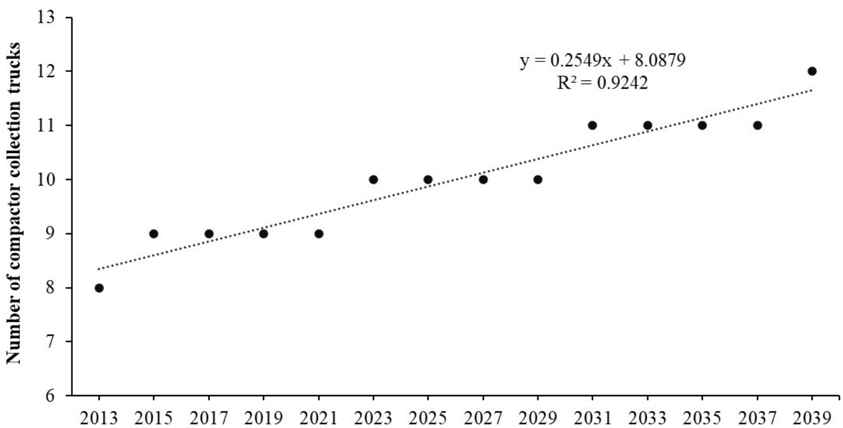


Figure 5. Projection of CRC required between 2019 and 2039

The city of Jaen has four CRC that are operational, however, due to the lack of availability of CRC, inadequate vehicles are used for the collection of MSW as a van, baranda truck, dumpers and trucks that generate problems of cumulus - waste spillage on public roads, inadequate transport and different collection routes, so it is necessary to have adequate vehicles for the collection and transport of MSW, in order to improve the quality of management of MSW (Huaccha, 2017). Considering the generation of design and the physiographic particularities of Jaen (Huaccha, 2017; Ronen et al., 1983) it was determined that Jaen does not have the number of CRC needed to provide the MSW collection service, and that this number of CRC would be increased by one every eight years taking into account population growth and the per capita generation of MSW, what is of the utmost importance to know the absolute amount of CRC necessary to cover the real demand in

the study area (Hernández & Santana, 2018), additional to this, collection routing should be considered in order to be more efficient in this work (Ronen et al., 1983), it should also be considered that for proper management of MSW should prioritize the collection and transport system from its origin to its final disposition, to improve the quality of life of the population and the conservation of natural resources (Cárdenas-Ferrer et al., 2019).

4 I CONCLUSION

The results show that the city of Jaen by 2019 needed 9 CRC of 8 m^3 capacity and that it would be increased by one every eight years so it is necessary to have adequate vehicles available for the collection and transport of MSW, in order to improve its management in the city of Jaen since to date it has four CRC resulting in a deficit which leads to the use of inadequate vehicles and limits the collection service of MSW in the city of Jaen. It is also necessary for the MPJ to develop annual ECRS in several periods in order to have a more specific vision on the generation and physical composition of MSW.

REFERENCES

Al-Khatib, I. A., Monou, M., Abu Zahra, A. S. F., Shaheen, H. Q., & Kassinos, D. (2010). Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. a case study: Nablus district - Palestine. *Journal of Environmental Management*, *91*(5), 1131-1138. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.003

Araiza, J. A., Chávez, J. C., & Moreno, J. A. (2017). Cuantificación de residuos sólidos urbanos generados en la cabecera municipal de Berriozabal, Chiapas, Mexico. *Revista internacional de contaminación ambiental*, *33*(4), 691-699. https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.04.12

Benítez, S. O., Lujan, R. M., & Navarro, F. F. G. (1998). Análisis estadístico del comportamiento de los residuos sólidos domiciliarios en una comunidad urbana. *Frontera Norte*, *10*(19), Art. 19. https://doi.org/10.17428/rfn.v10i19.1435

Burga, M. L. D. B. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, *17*(3), Art. 3.

Cabello, G. G. C., Landeo, O. T., & Areche, F. O. (2020). Manejo integral de residuos sólidos para minimizar la contaminación del ambiente en el distrito de Panao, Huánuco, Perú. *Ambiente y Desarrollo*, *24*(46), Art. 46. https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-46.mirs

Campos, J. E., & Cubas, L. Y. (2022). *Análisis de la Demanda de Camiones Recolectores Compactadores para el Eficiente Servicio de Recolección de Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Jaén* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén]. http://localhost/jspui/handle/UNJ/428

Cárdenas-Ferrer, T. M., Santos-Herrero, R. F., Contreras-Moya, A. M., Rosa-Domínguez, E., & Domínguez-Núñez, J. (2019). Propuesta Metodológica Para el Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara. *Tecnología Química*, *39*(2), 471-488.

Castillo, E., & De Medina, L. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, *30*(1), 81-90.

Durán, C. E. S., Rosales, I. P. H., Fernández, S. M., & Pimienta, J. A. P. (2013). Caracterización Física De Los Residuos Sólidos Urbanos Y El Valor Agregado De Los Materiales Recuperables En El Vertedero El Iztete, De Tepic-Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *29*(3), 25-32.

Gonzales, W. F. Z. (2021). Evaluación y caracterización de residuos sólidos comunes del campus universitario de la UCSM Arequipa Perú. *Veritas*, *22*(1), Art. 1. https://doi.org/10.35286/veritas.v22i1.294

Graziani, P. (2018). *Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina*. CAF. https://cafscioteca.azurewebsites.net/handle/123456789/1247

Hernández, A., & Santana, P. (2018). Propuesta de modelo de recolección de residuos sólidos en el Distrito Nacional [Thesis, Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña]. En *Tesis de Grado*. https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/605

Huaccha, A. E. H. (2017). *Mejoramiento del sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, Perú* [Universitat Politècnica de València]. https://riunet.upv.es/handle/10251/90993

Huamaní, C., Tudela, J. W., & Huamaní, A. (2020). Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca—Puno—Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *22*(1), 106-115. https://doi.org/10.18271/ria.2020.541

Jaime-Huaman, E., Vega-Cisneros, J. P., Pumaleque-Sucasaca, R., Quispe-Callasi, F. de M., & Vallejos-Chamaya, C. (2021). Caracterización y cuantificación de residuos sólidos en la comunidad rural Vitis, Lima, Perú. *The Biologist (Lima)*, *19*(2), Art. 2. https://doi.org/10.24039/rtb20211921177

Jin, M., Zheng, Z., Sun, Y., Chen, L., & Jin, Z. (2016). Resistance of metakaolin-MSWI fly ash based geopolymer to acid and alkaline environments. *Journal of Non-Crystalline Solids*, *450*, 116-122. https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2016.07.036

Jurič, B., Hanžič, L., Ilić, R., & Samec, N. (2006). Utilization of municipal solid waste bottom ash and recycled aggregate in concrete. *Waste Management*, *26*(12), 1436-1442. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.10.016

León, E., & Meléndez, A. R. (2017). *Evaluación del porcentaje de humedad y densidad de residuos sólidos de la municipalidad del distrito de Alonso Alvarado Roque Provincia de Lamas san Martin 2017* [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1795

McLeod, F., & Cherrett, T. (2011). Chapter 4—Waste Collection. En T. M. Letcher & D. A. Vallero (Eds.), *Waste* (pp. 61-73). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381475-3.10004-X

Mosler, H. J., Drescher, S., Zurbrügg, C., Rodríguez, T. C., & Miranda, O. G. (2006). Formulating waste management strategies based on waste management practices of households in Santiago de Cuba, Cuba. *Habitat International*, *30*(4), 849-862. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.09.008

Quispe, D. M. (2018). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito del distrito de Huancabamba, provincia de Oxapampa – región Pasco – 2017* [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/715

Ramírez, W., Condori, B., Lourdes, L. G., Ibarguen, F., Vega, N., & Núñez, L. A. (2020). Problema ambiental: Los residuos sólidos: Una vía de solución. *Revista Gestión I+D*, *5*(1), 40-57.

Rhyner, C. R., Schwartz, L. J., Wenger, R. B., & Kohrell, M. G. (2017). *Waste Management and Resource Recovery*. CRC Press.

Ronen, R., Kellerman, A., & Lapidot, M. (1983). Improvement of a solid waste collection system: The case of Givatayim, Israel. *Applied Geography*, *3*(2), 133-144. https://doi.org/10.1016/0143-6228(83)90035-8

Ruiz, M. (2012). Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, *28*(1), 93-97.

Salazar, M. (2013). *Diagnóstico de la composición y caracterización de los residuos sólidos en la vereda San Juan de Carolina municipio de Salento Quindío* [Tesis de grado, Universidad De Manizales]. https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/547

Siami, L., Sotiyorini, T., & Janah, N. (2019). Municipal solid waste quantification and characterization in Banyuwangi, Indonesia. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*. https://doi.org/10.25105/URBANENVIROTECH.V0I0.4359

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos* (1.ª ed., Vol. 1). McGraw-Hill. http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UMARPA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004657

Tejero, I., Suárez, J., & Jacome, A. (2002). *Introducción A La Ingeniería Sanitaria Ambiental* (1.ª ed., Vol. 1). https://www.todostuslibros.com/libros/introduccion-a-la-ingenieria-sanitaria-ambiental_978-84-607-3989-0

Zafra, C. A. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: Sistemas de caja fija (SCF). *Ingeniería e Investigación*, *29*(2), 119-126.

CAPÍTULO 3

PREPARACIÓN DE TEXTILES MULTIFUNCIONALES A PARTIR DE LA INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS INORGÁNICAS

Data de submissão: 14/12/2022 *Data de aceite: 01/02/2023*

José Angel Juárez Torres
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Ciudad de Puebla, México
Enlace ORCID 0000-0002-1515-4745

Josefina Aguila López
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México

José Luis Herrera Pérez
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México

José Francisco Sánchez Ramírez
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-IPN
Ciudad de México, México
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Ciudad de Puebla, México

Alejandro Bautista Hernández
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Ciudad de Puebla, México

Jessica Ortigoza Méndez
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Ciudad de Puebla, México

Los resultados del presente trabajo fueron publicado en AACINI – Revista Internacional de Ingeniería Industrial, Julio 2021/Enero 2022, No. 4 *ISSN 2684-060X*, www.aacini.org

RESUMEN: En este trabajo de investigación se presentan los resultados de la preparación de nanotextiles funcionales de algodón conteniendo nanopartículas de plata (NPs Ag) con diferentes tamaños. La incorporación de las nanopartículas se realizó usando la síntesis de reducción química *in-situ;* dentro de los resultados se desarrolló la propiedad superhidrofóbica en tela de algodón en función de diferentes tamaños de nanopartículas y con la modificación superficial con hexadeciltrimethoxisilano (HDTMS). Utilizando tres agentes químicos reductores como: ácido ascórbico, borohidruro de sodio y al citrato de sodio; fue posible la variación del tamaño nanométrico de las nanotextil fueron verificadas utilizando diferentes

técnicas de caracterización: espectroscopia UV-Vis y difracción de rayos-X. La propiedad superhidrofóbica fue verificada utilizando medidas del ángulo de contacto con el software ImageJ.
PALABRAS-CLAVE: Nanotextiles, Nanopartículas de plata, Superhidrofobicidad.

PREPARATION OF MULTIFUNCTIONAL TEXTILES FROM THE INCORPORATION OF INORGANIC NANOPARTICLES

ABSTRACT: In this research work the results of the preparation functional cotton nanotextiles containing silver nanoparticles (NPs Ag) with different sizes are presented. The incorporation of nanoparticles was reached using *in-situ* chemical reduction synthesis; within the results the superhydrophobic property was developed, on cotton fabric, as a function of different sizes of nanoparticles and with the surface modification with Hexadecyltrimethoxysilane (HDTMS). Using three reducing chemical agents as: ascorbic acid, sodium borohydride, and sodium citrate; it was possible to vary the nanometric size NPs Ag on the cotton fabric. The formation and nanotextiles properties were verified using different characterization techniques: UV-Vis spectroscopy and X-ray diffraction. The superhydrophobic property was verified using contact angle measurement with ImageJ software.
KEYWORDS: Nanotextiles, Silver nanoparticles, superhydrophobicity.

1 I INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que el desarrollo de industria textil depende de la investigación, innovación e implementación de tecnologías que permitan crear nuevos materiales textiles con propiedades de funcionalidad para satisfacer un mayor número de actividades que no serían posibles obtener con los textiles convencionales (Mather, 2021). Los nanoacabados son un nuevo concepto que esta recientemente acaparando la atención dentro del área del sector textil, ya que mediante la incorporación de nanopartículas está siendo posible generar telas con una variedad de propiedades jamás imaginables como es el incremento de su resistencia, telas anti-manchas y que no se arruguen, resistentes al fuego, que cambian de color (dependiendo las condiciones climáticas a las que sean expuestas), que eviten la formación de bacterias, que sean auto-limpiables, telas con propiedades de protección a los rayos UV y repelentes al agua (Shirley Coyle, 2007).

Las nanopartículas definidas como entes cristalinos o amorfos con tamaños en la escala nanométrica y con formas irregulares hasta esféricas, son materiales que presentan nuevas y extraordinarias propiedades ópticas, estructurales, eléctricas y altos valores de área/volumen que están siendo aprovechadas para el desarrollo de telas textiles con nuevas propiedades de funcionalidad. A nuestro conocimiento, no existe reporte alguno sobre el efecto del tamaño de nanopartícula de Ag en la propiedad superhidrofóbica de la tela de algodón, por lo que en este trabajo se presenta los resultados de la preparación de un nanotextil de algodón conteniendo nanopartículas de Ag con diferentes tamaños y con la modificación superficial con HDTMS. La propiedad superhidrofóbica del nanotextil es

estudiada en función del tamaño de las nanopartículas metálicas.

2 I DETALLES EXPERIMENTALES

2.1 Reactivos

Para la preparación de los nanotextiles conteniendo nanopartículas de plata (NPs-Ag) se utilizaron los siguientes reactivos; Hidróxido de Sodio (NaOH, al 99.0%), Peróxido de Hidrogeno ($H_2O_{2,}$ al 99.0%), Silicato de Sodio (Na_2SiO_3), Carbonato de Sodio (Na_2CO_3), Abrillantador, Nitrato de Plata ($AgNO_3$, al 99.0%), Ácido Ascórbico ($C_6H_8O_6$, al 99.0%), Borohidruro de Sodio ($NaBH_4$, al 99.0%), Citrato de Sodio ($Na_3C_6H_5O_7$, al 99.0%), Hidróxido de Potasio (KOH, al 85%), Etanol (C_2H_5OH), Hexadeciltrimethoxisilano (HDTMS, al 85%), y Ácido Acético Glacial (CH_3COOH, al 99.7%), todos adquiridos de Sigma Aldrich. Jabón neutro (Extran MA O_2, Merck) fue utilizado para el lavado de todo el equipo de laboratorio.

2.2 Equipo de caracterización

La formación de las nanopartículas de Ag fue monitoreada utilizando espectros de absorción óptica en el rango UV-Vis (200-400 nm) con un espectrofotómetro de barrido UV-Vis-NIR (Thermo Scientific, modelo Evolution 600). Un equipo de difracción de rayos-X Rigaku D/Max-C con radiación Kα-Cu fue utilizado para la caracterización estructural de las nanopartículas de Ag.

3 I PREPARACIÓN DEL NANOTEXTIL DE ALGODÓN CONTENIENDO NANOPARTICULAS DE PLATA CON DIFERENTES TAMAÑOS

3.1 Descrude y blanqueo

Una tela cruda de algodón 100 % con una densidad superficial correspondiente a 175 g/m^2 para el tejido plano por urdimbre "Tafetan" y 200 g/m^2 para el tejido de punto "Single Jersey", ambos tejidos fueron utilizados durante este trabajo. La tela adquirida fue primeramente acondicionada a través de un proceso de descrude para eliminar las impurezas naturales y adquiridas durante su procesamiento. Para el proceso de descrude se utilizó 1g de textil y fue tratado con una solución caliente (80-90 °C) de NaOH a una concentración (40 - 100 gr/l al 100%) con un tiempo de permanencia de 30 a 45 min, a fin de asegurar la eliminación completa de compuestos no deseados. Después de un proceso de lavado, la tela de algodón presentó buenas propiedades de absorbancia.

Para el blanqueo de la tela de algodón se utilizaron productos que por la reacción química liberen oxígeno; el peróxido de hidrógeno fue el elemento químico utilizado para esta tarea, el textil fue sumergido en una solución conteniendo H_2O_2 (2 gr/l) por un tiempo de 30 min a temperatura de 80 – 90 °C. La tela de algodón fue posteriormente lavada con jabón neutro, enjuagada con suficiente agua desionizada y sumergida en etanol todo a

temperatura de 65°C y en agitación a 110 revoluciones por minuto (rpm) durante 5 min; para la eliminación de las impurezas restantes el textil fue tratado térmicamente a 70 °C durante 15 min.

3.2 Activación química de la superficie textil

Después del proceso de descrude, blanqueo y lavado las muestras textiles fueron activadas químicamente. En la Figura 1. Se ilustra el proceso de activación química del textil, la tela de algodón fue trata con hidróxido de potasio (1 M) a temperatura ambiente por 10 min bajo agitación moderada. Posteriormente, las muestras fueron lavadas varias veces con agua abundante para remover el exceso de KOH y obtener una superficie de "Celulosa-Potasio" (CP).

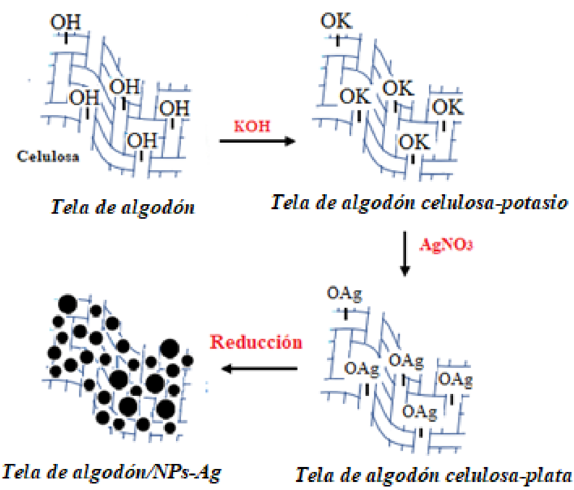


Figura 1. Ilustración esquemática de la síntesis in-situ de NPs- Ag sobre textil de algodón.

3.3 Síntesis *In-situ* de nanopartículas de plata sobre la tela de algodón

Una capa de iones de Ag fue formada primeramente sobre la tela de algodón a través de una reacción de intercambio iónico con una solución de $AgNO_3$. Las muestras textiles CP fue sumergida en una solución acuosa de $AgNO_3$ (0.02 M) bajo agitación moderada por 30 min a temperatura ambiente para el intercambio de los iones potasio por los iones de Ag. Al término del intercambio iónico, las muestras fueron enjuagadas varias veces con agua para eliminar exceso de reactantes y tratadas térmicamente a 90 °C por 45 min. Muestras de "Tela de Algodón Celulosa/Plata" fueron así obtenidas. Para la síntesis *in-situ* de las nanopartículas de Ag, la Tela de Algodón Celulosa/Plata fue sumergida en una solución reductora por 30 min con agitación moderada en un matraz de vidrio de 25 ml. La formación de las nanopartículas de plata fue observada de manera instantánea sobre la superficie del

textil producto del proceso de nucleación y crecimiento (Mohammad Shateri Khalil-Abad, 2010), (M.H. El-Rafie, 2012).

Un cambio de color de blanco a amarillo-verdoso oscuro fue observado producto de la formación de partículas de Ag en la escala nanométrica. Al término de la formación de las nanopartículas, la tela de algodón conteniendo nanopartículas fue lavada con exceso de agua y sometida a un tratado térmico a 65 °C durante 60 min para asegurar el anclaje de las nanopartículas de Ag. Muestras denotadas como "Tela de Algodón/NPs-Ag" fueron obtenidas al término de esta etapa. En la Figura 1. Se representa de manera esquemática la síntesis *in-situ* de las NPs-Ag.

Para controlar el tamaño de las nanopartículas de Ag formadas *in-situ* sobre las fibras de algodón, soluciones conteniendo tres diferentes agentes reductores (0.01 M) fueron utilizadas: borohidruro de sodio ($NaBH_4$), ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) y citrato de sodio ($Na_3C_6H_5O_7$), respectivamente. Para el caso de la reducción con citrato de sodio, se utilizó una temperatura de 90 °C por 30 min bajo agitación moderada.

3.4 Modificación superficial de la tela de algodón conteniendo nanopartículas de Ag

Para disminuir la energía superficial de la tela de Algodón/Ag-NPs e incrementar el valor hidrofóbico del textil, las muestras de Algodón/NPs-Ag fueron tratadas con HDTMS. En este proceso, las muestras de la tela de algodón/NPs-Ag fueron inmersas en una solución alcohólica (1 % vol.) de HDTMS pre-hidrolizada. La solución es agitada a 95 rpm durante 60 min a temperatura ambiente. Las muestras fueron lavadas con agua y etanol varias veces. Un tratamiento térmico a 90 °C por 30 min fue utilizado en las muestras para obtener finalmente un nanotextil conteniendo NPs-Ag.

4 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para caracterizar la formación y tamaño nanométrico de las NPs-Ag el textil (Daniel A. Cruz, 2012), espectros de absorción óptica fueron obtenidos después del proceso de la síntesis *in-situ*. Los nanotextiles conteniendo NPs-Ag fueron sacudidos suavemente en una solución ácida para separar las partículas de Ag de la superficie de las fibras textil, las partículas así obtenidas en la solución fueron dispersadas en 2.5 ml de H_2O. La dispersión coloidal de Ag obtenida fue caracterizada utilizando un espectrofotómetro de UV-Vis. En la Figura 2. Se muestran los espectros de absorción de cada una de las dispersiones coloidales obtenidas de los correspondientes nanotextiles. La Figura 2a. Corresponde al espectro de la muestra nanotextil obtenido con la reducción de $NaBH_4$, en la Figura 2b. Pertenece al $C_6H_8O_6$ y por último en la Figura 2c. Es del $Na_3C_6H_5O_7$. Se pueden observar un máximo de absorción en 400, 403 y 406 nm, respectivamente. La posición de picos corresponde a la presencia de partículas de Ag con tamaños en la escala nanométrica. La variación de la posición de los

picos es producto de la presencia de nanopartículas con diferentes tamaños. Partículas más pequeñas de Ag son observadas para longitudes de onda menores del máximo de absorción.

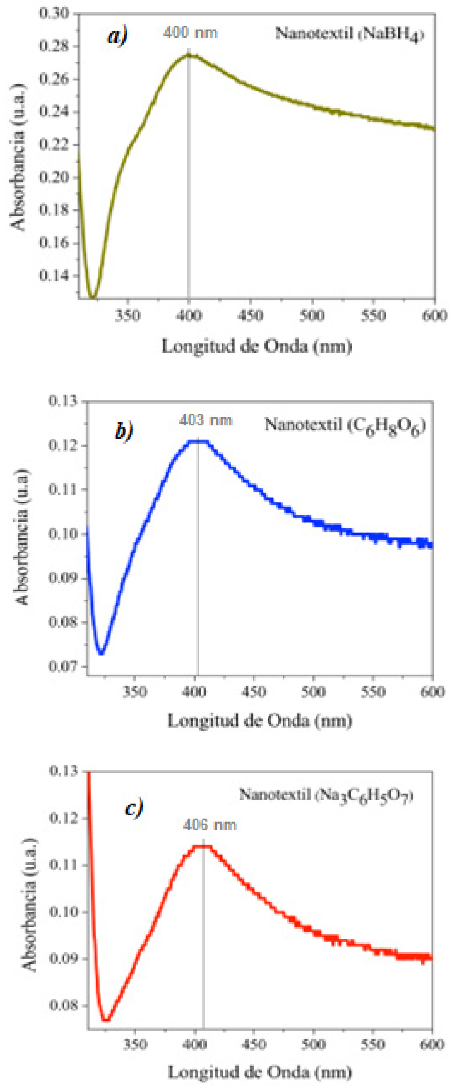


Figura 2. *Espectro UV-Vis de NPs Ag utilizando como sistema reductor: a)* $NaBH_4$, *b)* $C_6H_8O_6$ *y c)* $Na_3C_6H_5O_7$, respectivamente.

Para corroborar el tamaño de las partículas de plata en la superficie del textil, así como la calidad cristalina de las misma, difractogramas de rayos-X de las muestras fueron obtenidos, ver Figura 3. Los difractogramas del nanotextil conteniendo NPs-Ag presentan señales que corresponden a picos localizados a 2θ en 38.1°, 44.3°, 64.5° y 77.5° correspondientes a los planos (111), (200), (220) y (311) de una muestra de plata con

estructura cristalina tipo cúbica.

Para predecir el tamaño nanométrico de las partículas de Ag, se utilizó la señal de difracción de rayos-X y la ecuación de Scherrer para el pico correspondiente al (111) de cada una de las muestras con diferente reductor. Los tamaños estimados de las NPs Ag fueron de 9.6 nm utilizando al $NaBH_4$ como sistema reductor, 12.7 nm utilizando al $C_6H_8O_6$ y 19.2 nm utilizando al $Na_3C_6H_5O_7$. Esta variación del tamaño es producto de los diferentes procesos de nucleación y crecimiento de las nanopartículas de Ag con los diferentes tipos de reductores.

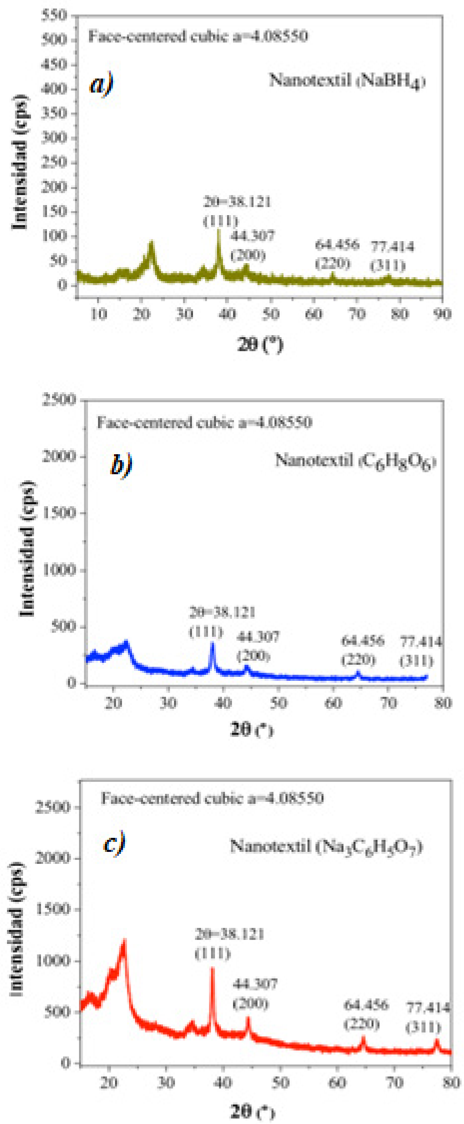


Figura 3. *Difractogramas de rayos X del Nanotextil conteniendo NPs-Ag utilizando como sistema reductor: a)* $NaBH_4$, *b)* $C_6H_8O_6$ *y c)* $Na_3C_6H_5O_7$, respectivamente.

La propiedad superhidrofóbica del textil se desarrolló mediante la combinación de una nanorugocidad adquirida por la formación de las NPs-Ag y la formación de un recubrimiento de HDTMS para tener una baja energía superficial sobre la superficie del sustrato de algodón (Hua Bai, 2018) (Junlong Song, 2013), Figura 4. Esta combinación contribuye al incremento de la hidrofobicidad de la tela de algodón con ángulos de contacto mayores a 160°.

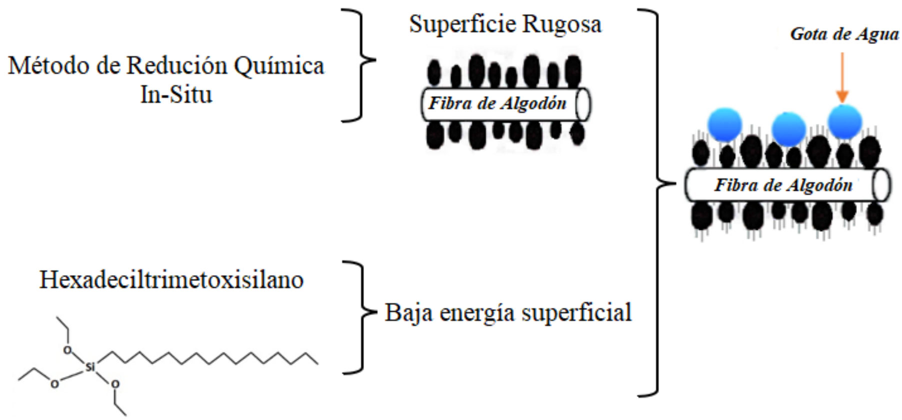


Figura 4. *Combinación de nanorugosa más recubrimiento de la superficie del textil con HDTMS.*

En la Figura 5. Se muestran imágenes fotográficas de la tela de algodón sin tratamiento y del nanotextil desarrollado utilizando al $NaBH_4$ como sistema reductor, es posible observar el color amarillo verdoso del nanotextil indicando la presencia de partículas de Ag en escala nanométrica. La presencia de las gotas esféricas de agua coloreadas sobre la superficie del nanotextil es producto de la propiedad superhidrofóbica desarrollada (M.H. El-Rafie, 2012); una mojabilidad del 100 % fue observada para el textil de algodón sin el nanoacabado. Similares resultados fueron obtenidos en los nanotextiles con los sistemas reductores de $C_6H_8O_6$ y $Na_3C_6H_5O_7$.

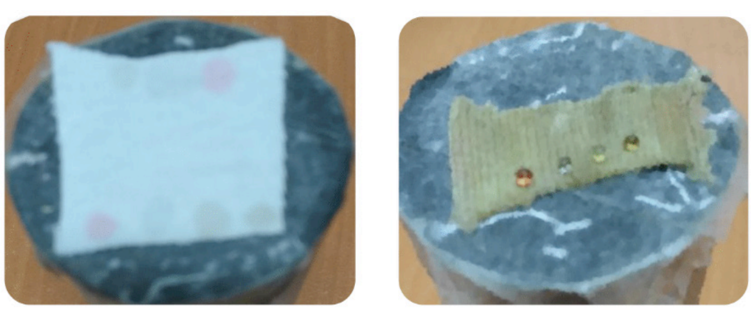


Figura 5. *Sustrato textil sin tratamiento(izquierda) y nanotextil conteniendo NPs-Ag desarrollado (derecha).*

La medición del ángulo de contacto es la manera de cuantificar las propiedades morfológicas y químicas de la superficie del nanotextil conteniendo NPs-Ag obtenido de manera práctica (Xu Lihui, 2011), (Cañete, 2013). Para cuantificar el valor superhidrofóbico, se procedió a medir el ángulo de contacto de los correspondientes nanotextiles. Para tal efecto se depositó una gota de agua de 5μL sobre la superficie del textil funcionalizado. Posteriormente se obtuvieron las imágenes correspondientes con una cámara réflex digital marca NIKON de 24 megapíxeles.

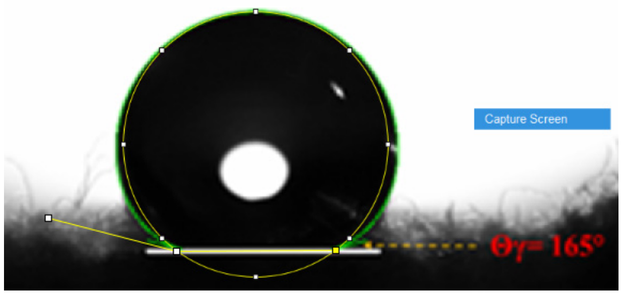
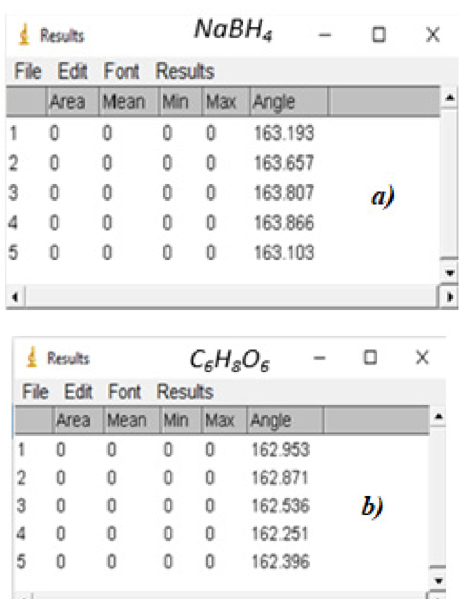


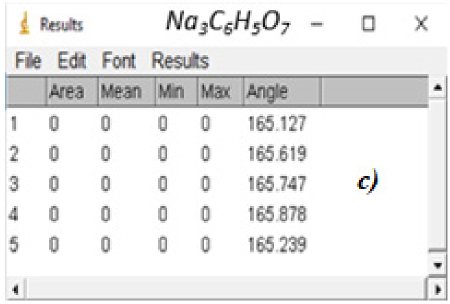
Figura 6. *Micrografía del nanotextil conteniendo NPs- Ag, utilizada para cuantificar el ángulo de contacto con el software ImageJ.*

Las imágenes obtenidas fueron procesadas con el software ImageJ para obtener la medida del ángulo de contacto, los resultados obtenidos se presentan en la Figura 7. Incisos a, b, y c respectivamente.



	Area	Mean	Min	Max	Angle
1	0	0	0	0	163.193
2	0	0	0	0	163.657
3	0	0	0	0	163.807
4	0	0	0	0	163.866
5	0	0	0	0	163.103

	Area	Mean	Min	Max	Angle
1	0	0	0	0	162.953
2	0	0	0	0	162.871
3	0	0	0	0	162.536
4	0	0	0	0	162.251
5	0	0	0	0	162.396



Results $Na_3C_6H_5O_7$

File Edit Font Results

	Area	Mean	Min	Max	Angle
1	0	0	0	0	165.127
2	0	0	0	0	165.619
3	0	0	0	0	165.747
4	0	0	0	0	165.878
5	0	0	0	0	165.239

c)

Figura 7. *Valores de la medición del ángulo de contacto del nanotextil conteniendo NPS-Ag utilizando como sistema reductor: a) borohidruro de Sodio, b) ácido ascórbico, c) citrato de sodio.*

Los valores obtenidos, en las imágenes anteriores, muestran mediciones de ángulos de contacto mayores a 160° indicando que la propiedad de superhidrofóbicidad ha sido lograda. Mayor propiedad superhidrofóbica se desarrolló para el nanotextil conteniendo nanopartículas de Ag con tamaños más pequeños.

5 I CONCLUSIONES

- Se logró exitosamente la síntesis controlada *In-Situ* de NPs-Ag sobre fibras de algodón para el desarrollo de nuevos textiles funcionales (nanotextiles) con propiedades de superhidrofobicidad.
- El tamaño nanométrico de las partículas de Ag fue controlado variando el tipo de reductor químico. Nanopartículas de Ag bien definidas con tamaños de 9.6 nm fueron sintetizadas sobre la tela de algodón utilizando al borohidruro de sodio como agente reductor, tamaños de 12.7 nm y 19.5 nm fueron obtenidas con ácido ascórbico y citrato de sodio, respectivamente.
- Utilizando la espectroscopia de UV-Vis fue posible monitorear la existencia de las NPs-Ag a través de la presencia y posición de la resonancia del plasmón superficial de las nanopartículas con diferentes tamaños.
- La presencia y tamaño de NPs-Ag sobre la superficie de los textiles de Algodón fue corroborada mediante la técnica de Difracción de rayos-X.
- Los nanotextiles mostraron excelentes propiedades de superhidrofóbicidad con ángulos de contacto superiores a 160 º.
- Mayores ángulos de contacto fueron obtenidos para nanotextiles conteniendo NPs-Ag con menores tamaño.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a UPIITA-IPN, CONACyT-México,

COFAA-IPN, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Facultad de Ingeniería BUAP, Colegio de Ingeniería Textil BUAP por el apoyo recibido para el desarrollo de trabajo.

REFERENCIAS

Cañete, A. F. (05 de 09 de 2013). **Estudio de la Hidrofobicidad y Autolimpieza en Materiales con Nanotratamientos Superficiales**. *Proyecto Final de Carrera, Ingeniería de Materiales*. Balleterra, Barcelona, España. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2013/hdl_2072_234675/PFC_AgustinFernandezCanete.pdf

Daniel A. Cruz, M. C. (2012). **Nanopartículas Metálicas y Plasmones de Superficie: Una Relación Profunda**. *Avances en Ciencias e Ingeniería, 3*(2), 67-78. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627686007.pdf

Hua Bai, L. S. (2018). **Micrometer-sized spherulitesas building blocks for lotus leaf-like superhydrophobic coatings**. *Applied Surface Science, 459*, 54-62. doi:https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.107.183

Junlong Song, O. J. (2013). **Approaching super-hydrophobicity from cellulosic materials: A Review**. *Nordic Pulp and Paper Research Journal, 28*(2), 216-238.

M.H. El-Rafie, T. S. (2012). **Bio-synthesis and applications of silver nanoparticles onto cotton fabrics**. *Carbohydrate Polymers, 90*, 915-920. doi:https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.06.020

Mather, R. R. (2021). **Intelligent Textiles**. *Coloration Technology*, 36-41. doi:https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2001.tb.00136.x

Mohammad Shateri Khalil-Abad, M. E. (2010). **Superhydrophobic antibacterial cotton textiles**. *Journal of Colloid and Interface Science, 351*, 293-298. doi:10.1016/j.jcis.2010.07.049

Shirley Coyle, Y. W.-T. (2007). **Smart Nanotextiles: A Review of Materials and Application**. *MRS Bulletin, 32*, 434-442. Obtenido de www/mrs.org/bulletin

Xu Lihui, Z. W. (2011). Fabrication of superhydrophobic cotton fabric by silica hydrosol and hydrophobization. *Applied Surface Science, 257*, 5491-5498. doi:10.1016/j.apsusc.2010.12.116

VALIDEZ FACTORIAL Y CONSISTENCIA DEL INSTRUMENTO APLICADO PARA DETERMINAR EL EMPRENDEDURISMO ESTUDIANTIL UNIVERSITARIO

Data de aceite: 01/02/2023

Jesús Martín Cadena-Badilla
División de Ingeniería, Universidad de Sonora

Rafael Hernández León
División de Ingeniería, Universidad de Sonora

Francisco Javier León Moreno
División de Ingeniería, Universidad de Sonora

Joaquín Vásquez Quiroga
División de Ingeniería, Universidad de Sonora

Ramón Arturo Vega Robles
División de Ingeniería, Universidad de Sonora

RESUMEN: El propósito es validar la estructura factorial y consistencia interna del Instrumento (Perfil e20) para determinar las Características Emprendedoras de los estudiantes de la Universidad de Sonora, Unidad Norte. Consta de 35 ítems y por Muestreo Aleatorio Simple se determinó encuestar a 235 alumnos de una población de 600 estudiantes. La Estructura Factorial del Constructo se establece por Análisis Factorial Exploratorio mediante Componentes Principales y Rotación Varimax. Resultando seis factores con 55.9% de varianza explicada, KMO=0.916 y Determinante=0.0000359. La Confiabilidad se obtuvo con Alfa de Cronbach=0.923, siendo muy aceptable. En el arreglo factorial inicial con ocho factores, las variables P7, P24, P27, P31 y P34 resultaron ambiguas con autovalores muy cercanos en más de un Factor y fueron eliminadas, volviéndose a efectuar el análisis, pero ahora para las 30 variables restantes. Del AF de siete factores se observaron que las variables P4, P12, P24, P31 y P34 también resultaban ambiguas por la misma razón ya descrita y del AF para seis factores se observó también ambigüedad en las variables P4, P8, P9, P12, P17, P23, P29 y P32 por lo que se eliminaron dichas variables, efectuándose de nuevo el AF con 27 variables. Por el Principio de Parsimonia y buscando una mayor simplicidad en el arreglo obtenido, se probó la solución de seis factores para ajustarse al cuestionario original, diseñado para poblaciones equivalentes con validez de constructo y confiabilidad interna aceptables. Los resultados muestran que el Instrumento ofrece validez factorial y presenta consistencia interna en sus

escalas.
PALABRAS CLAVE: Validez Factorial, Emprendedurismo, Instrumento Perfil e20.

ABSTRACT: The purpose is to validate the factorial structure and internal consistency of the Instrument (Profile e20) to determine the Entrepreneurial Characteristics of the students of the University of Sonora, North Unit. It consists of 35 items and by Simple Random Sampling it was determined to survey 235 students from a population of 600 students. The Factorial Structure of the Construct is established by Exploratory Factor Analysis through Principal Components and Varimax Rotation. Resulting six factors with 55.9% of explained variance, KMO = 0.916 and Determinant = 0.0000359. Reliability was obtained with Cronbach's Alpha = 0.923, being very acceptable. In the initial factorial arrangement with eight factors, the variables P7, P24, P27, P31 and P34 were ambiguous with very close eigenvalues in more than one Factor and were eliminated, re-performing the analysis, but now for the remaining 30 variables. From the FA of seven factors, it was observed that the variables P4, P12, P24, P31 and P34 were also ambiguous for the same reason already described and from the FA for six factors, ambiguity was also observed in the variables P4, P8, P9, P12, P17 , P23, P29 and P32, so these variables were eliminated, performing the PA again with 27 variables. Using the Parsimony Principle and seeking greater simplicity in the arrangement obtained, the six-factor solution was tested to fit the original questionnaire, designed for equivalent populations with acceptable construct validity and internal reliability. The results show that the Instrument offers factorial validity and presents internal consistency in its scales.
KEYWORDS: Factorial Validity, Entrepreneurship, Profile Instrument e20.

1 I INTRODUCCIÓN

La responsabilidad social universitaria (RSU) tiene sus antecedentes en la responsabilidad social empresarial (RSE), la cual es definida por la Secretaría de Economía del Gobierno Mexicano como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor añadido [1]. Aunque sus inicios pueden rastrearse a lo largo de más de un siglo su establecimiento data de la década de 1960 y se ve regido actualmente por los Principios Rectores de empresas y derechos humanos de la ONU [2], esto es una responsabilidad voluntariamente adquirida por las empresas que buscan tener repercusiones positivas sobre la sociedad. De manera resumida se señala entonces que a partir de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, se plantea un plan de acción mundial con 17 objetivos dirigidos al desarrollo sustentable y señala como elemento transversal a los derechos humanos, eje rector de la RSE [3].

La Organización de las Naciones Unidas [4], plantea promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros.

La RSU, por su parte tiene sus inicios en los años 2000 cuando se construyó explícitamente el concepto de responsabilidad social universitaria en América Latina. El Observatorio Mexicano de la Responsabilidad Social Universitaria (OMERSU) lo define como "Habilidad y efectividad de la universidad para responder a las necesidades de transformación de la sociedad, mediante el ejercicio de sus funciones, mismas que deben estar animadas por la búsqueda de la promoción de la justicia, la solidaridad y la equidad social para atender los retos que implica promover el desarrollo humano sustentable.

La RSU nos plantea retos como instituciones de formación de personas en las distintas profesiones y dado que es un tema muy amplio e incluyente es importante identificar cada uno de los elementos y conocer que cada una de esas acciones sociales que le componen tienen un nombre que le identifica de tal manera que seas capaz de ubicarlo en un contexto específico para poder incluirlo como parte de la formación profesional que como docentes tenemos asignada.

Precisamente por lo anterior explicado, uno de los retos de la RSU es el apoyo y formación de jóvenes emprendedores para su desarrollo personal y que contribuyan al desarrollo económico y social. Actualmente, la mayoría de las instituciones de educación superior (IES), no cuenta con un perfil que permita el desarrollo de las capacidades de emprendimiento que necesita el profesional egresado. La actividad emprendedora es uno de los principales motores de desarrollo económico, principalmente por su función en la creación de empleo y en la expansión de sectores económicos; por otra parte, es un área del conocimiento aún nueva en el marco global de la investigación, y como tal, se encuentra en proceso para consolidar un escenario conceptual, lo que hace pertinente esta propuesta, la cual facilitaría la toma de decisiones en el diseño de estrategias curriculares y de enseñanza-aprendizaje [5].

1.1 Emprendimiento Universitario

El emprendimiento ha sido abordado desde la investigación universitaria desde múltiples enfoques. Durante los últimos años varios investigadores se han hecho interrogantes sobre la orientación y características de la investigación en emprendimiento, como una nueva área del conocimiento que poco a poco cobra mayor importancia en el concierto académico a nivel mundial [6]. En este sentido, se destacan los trabajos de Veciana [7], Castillo [8], Bruyat y Julien [9], Low [10], Busenitz et al. [11], Cooper & Schindler [12], Moriano, Sánchez y Palací [13], Zahra et al. [14], López [15], Martínez [16], Cardozo [17], Wiklund, Davidsson, Audretsch, & Karlsson [18], Nicolás y Rubio [19], Herrera y Montoya [20], Hidalgo, Kamiya y Reyes [21], Karmarkar, Chabra y Deshpande [22]; y más recientemente, Murillo y Santillán [23], Rodríguez [24], Leitch y Volery [25], entre muchos otros.

En cuanto al enfoque cuantitativo, más hacia la generación de medidas del emprendimiento, se destacan los trabajos de De Noble, Jung y Ehrlich [26], Ehrlich, De

Noble y Singh [27], Sánchez, Lanero y Yurrebaso [28], Moriano, Palací y Morales [29], Lanero, Sánchez, Villanueva y D'Almeida [30], Tinoco [31], Lanzas, Lanzas y Lanzas [32], Salvador [33], González y Zuñiga [34], Campos, Figueroa y Sandoval [35], Merino y Vargas [36], Lanero, Vázquez, Gutiérrez y García [37], Moriano, Topa, Molero, Entenza y Lévy-Mangin [38], Cabana, Cortes, Plaza, Castillo y Álvarez [39], Rodríguez y Gómez [40], Alcaraz y Villasana [41], Pérez y Torralba [42], Renko, El Tarabishy, Carsrud & Brännback [43] entre otros.

Con mucha evidencia de debate y aplicación los trabajos de De Noble et al. [44], quienes presentan la Escala de Auto-Eficacia Emprendedora (ESE, por sus siglas en inglés), y del mismo equipo de trabajo (Ehrlich et al., [45]), la Escala de Autoeficacia Emprendedora Corporativa (CESE, por sus siglas en Inglés); así mismo, sus versiones en castellano, propuestas por Moriano et al [46] y Moriano et al. [47], respectivamente.

Por otra parte, autores como Ugalde [48], quien plantea el capital intelectual como caracterizador del emprendedor, Rodríguez [49], quién estudia la intensión emprendedora en el ámbito científico público, Cardozo [50], con el papel de la motivación en el emprendimiento, López [51], quién evalúa la influencia del emprendedor en el emprendimiento corporativo, y Martínez [52], quién analiza las competencias emprendedoras en alumnos, entre otros, han tratado el tema a nivel doctoral.

Los resultados de este proyecto de investigación incluyen un perfil de las capacidades de emprendimiento del estudiante de la Universidad de Sonora, y que eventualmente, permitiría el desarrollo de políticas universitarias en el marco del diseño curricular, perfil del egresado, entre otros aspectos. Así mismo, permitiría a la Universidad, contribuir con el desarrollo de políticas gubernamentales.

2 | DISEÑO METODOLOGICO

Este documento deriva de un proyecto de investigación que se está realizando en las tres Unidades Regionales de la Universidad de Sonora que con sus resultados se busca caracterizar el perfil de la capacidad de emprendimiento de sus estudiantes, revisando el estado del conocimiento en el tema de emprendimiento en México. Valorar un instrumento para medir su capacidad de emprendimiento y así poder identificar los factores que determinan dicha capacidad a través de la determinación de la validez y fiabilidad del instrumento PERFIL DE CAPACIDAD EMPRENDEDORA (PERFIL e20) usado en esta investigación.

2.1 Objetivo

El objetivo es, pues, obtener evidencias de validez de constructo (validez factorial) para el Instrumento *Perfil* e20 y así poder obtener indicadores de confiabilidad para la prueba global y sus subfactores, contrastar los resultados obtenidos a través de la muestra de estudiantes con los reportados por la literatura científica. Además, se busca aportar

validez a la interpretación de los resultados de la aplicación de este instrumento en este contexto.

2.2 Tamaño de Muestra y Estadística Descriptiva

La población objeto del presente estudio se conforma de un universo de estudiantes del 5to. Semestre en adelante de la Universidad de Sonora Unidad Norte, siendo alrededor de 600 estudiantes, de aquí se determinó el tamaño de la muestra de 235 encuestas a alumnos que arrojó el muestreo aleatorio simple, las cuales se repartieron aleatoriamente. Este tamaño de muestra tiene un nivel de confianza del 95% y un error estimado del 5%, utilizado para condiciones de validez cuando el estimador del parámetro tiene un comportamiento normal [53]. Una vez seleccionados los alumnos se procedió a encuestarlos. En este tipo de muestreo todos los sujetos de la población tienen la misma probabilidad de resultar seleccionados.

2.3 Instrumento Utilizado

En este estudio se ha utilizado una adaptación del instrumento Escala de auto eficacia emprendedora (Entrepreneurial Self-Efficacy, ESE) que proponen Moriano, Palací y Morales, [54], quienes la adaptaron y validaron. Fue desarrollada en la San Diego State University (SDSU) por los profesores Alex De Noble, Don Jung y Sanford Ehrlich [55]. Estos autores identificaron seis dimensiones que recogían las principales tareas que debe desarrollar un emprendedor para crear con éxito su propia empresa. El instrumento aquí utilizado ha sido el Entrepreneurial Self-Efficacy, ESE, pero complementado con las aportaciones de los diferentes autores mencionados y citados en la revisión literaria de este documento, por lo que ha sido complementado y adaptado al contexto mexicano. El instrumento obtenido ha sido denominado Perfil de Capacidad Emprendedora (PERFIL e20) y consta de 35 ítems principales y 3 ítems globales complementarios para un análisis más profundo. Se espera los resultados se ajusten a las Dimensiones del instrumento adaptado al español, las cuales son las siguientes:

2.4 Factores de la escala ESE

1) *Desarrollar nuevos productos y oportunidades de mercado*. Se refiere a un conjunto de habilidades relacionadas con el reconocimiento de oportunidades. El emprendedor debe creer en su capacidad creativa para descubrir oportunidades que le permitan desarrollar sus productos o servicios, y adaptarse a los cambios del mercado [56-58].

2) *Construir un entorno innovador*. Esta dimensión se centra en la capacidad del individuo para estimular la creatividad, iniciativa y responsabilidad de las personas que trabajan con él. Por lo tanto, el emprendedor debe creer en su capacidad para construir un entorno a partir de cero que favorezca la innovación. Este factor de la escala ESE está relacionado con la dimensión “asunción de riesgos e innovación” [59].

3) *Iniciar relaciones con inversores*. Los emprendedores deben utilizar sus redes sociales y establecer contactos que les permitan captar los recursos necesarios para crear su propia empresa [60].

4) Definir el objetivo central del negocio. Esta dimensión es fundamental porque si una persona se cree incapaz de establecer el propósito principal de su negocio, entonces resulta poco probable que se sienta motivado para iniciar su propia aventura empresarial.

5) *Afrontar cambios inesperados*. Se refiere a la creencia sobre la capacidad de trabajar bajo incertidumbre. Adentrarse en el mundo de la creación de empresas, dejando atrás el confort que supone trabajar por cuenta ajena en una empresa establecida, requiere una tolerancia a la ambigüedad y adaptación a los cambios.

6) *Desarrollar los recursos humanos clave*. Habilidad para atraer y retener individuos que son claves en la creación de una nueva empresa. Además, resulta básico que el emprendedor reconozca la importancia de involucrar a otros en el proceso de creación de su empresa.

En la sección I del instrumento se utiliza un formato de dos columnas: La primera contiene los ítems con las características de emprendimiento; la segunda dedicada para determinar el grado de cumplimiento con cada ítem. En la sección II se utiliza el mismo formato de dos columnas y se enfoca en la seguridad, factibilidad e intención emprendedora. Al analizar los resultados, cada una de sus dimensiones son consideradas como variables continuas, y las puntuaciones de los sujetos son clasificadas mediante un sistema de valores para cada escala [61], (Tabla 1).

En el presente trabajo se ha aplicado una escala de Likert de cinco posibilidades de respuesta (de 1 a 5) por lo que los anteriores rangos para evaluar el nivel de las dimensiones han sido recalculados para este tipo de escala, respetando el sistema de percentiles para la Escala Likert propuesto por Maneiro, Mejías, Romero y Serpa [62] y replanteado por Vega-Robles et al. [63].

Para este caso, los promedios de los valores del instrumento que caigan en valores menores a 1.79 se consideran Totalmente en Desacuerdo. Los promedios mayores a 1.79 y menores o iguales a 2.59 se les consideran En Desacuerdo. A los promedios que caigan entre 2.591 y 3.39 se les considera ni De acuerdo Ni en Desacuerdo, a los promedios de las dimensiones que caigan entre 3.391 y 4.19 se les considera De Acuerdo y, por último, a los promedios que sobrepasen a 4.21 hasta 5, se les considera como un Completamente De Acuerdo de poder ser emprendedores. Para determinar el nivel de satisfacción del cliente a través del servicio recibido, se presenta la tabla referente a esta escala (ver Tabla 1).

Escala de Likert		% de Cumplimiento.
1,00 a 1,79	Totalmente en Desacuerdo	20,0 a 35,9
1,80 a 2,59	En Desacuerdo	36,0 a 51,9
2,60 a 3,39	Ni en desacuerdo Ni de Acuerdo	52,0 a 67,9
3,40 a 4,19	De Acuerdo	68,0 a 83,9
4,20 a 5,00	Completamente de Acuerdo	84,0 a 100

Tabla 1 *Puntuación Likert para las encuestas aplicadas a los estudiantes*.

2.5 Validación del Instrumento de Medición

De Noble et al. [64], presentan la Escala de Autoeficacia Emprendedora (ESE, por sus siglas en inglés), así mismo, su versión en castellano, fue propuesta por Moriano et al. [65]. Todos ellos, junto con Martínez [66], quién analiza las competencias emprendedoras en alumnos, entre otros, han tratado el tema a nivel doctoral.

Para utilizar este instrumento de Características de emprendimiento, primero es necesario corroborar la fiabilidad del instrumento en forma global.

El objetivo del análisis de fiabilidad es determinar que un conjunto de elementos (ítems) de una escala, puedan conducir a resultados que estén altamente correlacionados con los resultados que se llegarían a obtener si se repitiera la prueba. Es decir, consiste en lograr una escala que conduzca a resultados similares cuando diferentes personas la administren y cuando usan formas alternas de la prueba [67].

Para determinar la fiabilidad se utilizó el Alpha de Cronbach, que está orientada hacia la consistencia interna de una prueba, para valores inferiores a 0.6 se considera una baja fiabilidad, entre 0.6 y 0.8 es aceptable y por encima de 0.8 es excelente [68]. Según Carretero y Pérez [69] el coeficiente Alpha de Cronbach es directamente proporcional al número de preguntas, esto significa que se incrementa cuanto mayor sea el número de ítems consideradas. Es por esto, que, al someter al análisis de fiabilidad a cada una de las seis dimensiones, los coeficientes suelen dar debajo de 0.8, lo cual los hace ver como que no son suficientemente válidos, donde ya se ve la validez es cuando se consideran en forma global las 35 preguntas.

2.6 Procedimiento

El análisis de los datos se efectuó mediante el paquete estadístico SPSS 23 para Windows. Se empleó el método de Componentes Principales con rotación Varimax para la extracción de factores, y se retuvieron aquellos factores con *eigenvalue* mayor que 1 [70 y 71]. Antes de efectuar el análisis factorial (AF), se revisó el cumplimiento de ciertos criterios para cumplir con la viabilidad de este.

El determinante de la matriz de correlaciones obtuvo un valor de 0.0000001744. La prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa, el test KMO de adecuación de la muestra

arrojó un valor de 0.917, la fiabilidad del instrumento fue de 0.942 y la prueba detallada de Normalidad de Kolmovorov-Smirnov fue significativa para todos los ítems. Estos resultados indican que es válido efectuar un análisis factorial de la matriz de correlaciones ([72 y 73]) y que el instrumento es muy confiable. Hair et al. [74] sugiere que para que una carga factorial pueda ser considerada como significativa su valor no debe ser inferior a 0.45 (esto equivale a n=150). Por otro lado, Morales ([75]) sugiere que una carga factorial de 0.25 (equivalente a n=400) ya se puede considerar como significativa, aunque ambos reconocen que depende mucho de la experiencia empírica del investigador y del sustento teórico del constructo.

En el caso de este estudio como n=235, entonces el punto de corte de significancia para una carga factorial es igual o mayor a 0.38. Para lograr una mayor consistencia, se escogió a partir de 0.4 como cargas significativas.

3 I RESULTADOS

En el presente estudio el nivel de confiabilidad de Alfa de Cronbach igual a 0.942 la cual se considera como muy aceptable en estudios referentes a las ciencias sociales. Con este indicador, la aplicación del instrumento muestra muy buen nivel de confiabilidad del mismo.

El análisis factorial (AF) se ha aplicado para presentar los resultados obtenidos para proveer un sustento cuantitativo que permita obtener una medida objetiva de las características de emprendimiento de los estudiantes e identificar los factores que pueden ser considerados más importantes a la hora de analizar dichas características. Dicho análisis se ha realizado utilizando la técnica de análisis de componentes principales, con la que se han sintetizado los datos pudiéndolos relacionar entre sí, obteniéndose las características principales que definen la estructura dimensional del constructo que deben de ser incluidas en el análisis de medición (ver Tabla 2).

Análisis Factorial Con Reducción de Variables	***Resultado Varianza Total Explicada***	***Determinante***	***KMO***	***Alfa de Cronbach***
Con 35 Variables	8 Factores y VTE = 59,039%	0,0000001744	0,917	0,942
Con 35 Variables	7 Factores y VTE = 56,096%	0,0000001744	0,917	0,942
Con 35 Variables	6 Factores y VTE = 52,950%	0,0000001744	0,917	0,942
Resultados con 6 Dim y 35 Items sin P4, P8, P9, P12, P17, P23 P29 y P32 (27 variables).	6 Factores y VTE = 55,854%	0,0000359	0,916	0,923
Resultados 7 Dim y 35 Items sin P4, P12, P24, P31 y P34 (30 Variables).	7 Factores y VTE = 58,669%	0,000003966	0,914	0,932

Resultados 8 Dim y 35 Items sin P7, P24, P27, P31 y P34 (30 Variables),	7 Factores y VTE = 58,638%	0,000004398	0,914	0,932

Tabla 2 Resultados de los diferentes Análisis Factoriales realizados.

Fuente: Elaboración propia con resultados de SPSS.

El AF arrojó un arreglo de 8 factores, pero para acercar más este resultado a las dimensiones teóricas de los autores de este instrumento de medición, los autores del presente trabajo en un afán por acercar más el arreglo factorial obtenido al arreglo dimensional teórico del constructo de seis Dimensiones ya descritas en el presente trabajo, han optado por repetir el análisis factorial para 7 y para 6 factores para estudiar la variación de los parámetros estadísticos y aplicar el Principio de Parsimonia ([77]), buscando obtener un modelo más sencillo, con menos Dimensiones pero que también represente fielmente a los datos analizados. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 2 y el arreglo factorial obtenido se presenta en la Tabla 3.

	Componente					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
P15	0,642					
P7	0,594					
P31	0,563					
P30	0,539					
P6	0,532					
P14	0,523					
P35	0,430					
P20		0,752				
P26		0,631				
P24		0,504				
P33		0,408				
P22		0,375				
P19			0,710			
P13			0,635			
P11			0,507			
P27			0,456			
P25				0,695		
P21				0,518		
P10				0,503		
P34				0,484		
P16					0,701	

P5					0,566	
P3					0,511	
P1					0,467	
P28						0,700
P2						0,463
P18						0,397

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 31 iteraciones.

Tabla 3. Matriz de componentes rotados[a]

Al obtener el arreglo factorial inicial con ocho factores se pudo observar que las variables P7, P24, P27, P31 y P34 resultaron ambiguas ya que sus autovalores eran muy cercanos en más de un Factor con diferencias menores a 0.1 por lo que fueron eliminadas dichas variables, volviéndose a efectuar el análisis factorial, pero ahora para las 30 variables restantes. Del AF de siete factores se observaron que las variables P4, P12, P24, P31 y P34 también resultaban ambiguas por la misma razón ya descrita y del AF para seis factores se observó también ambigüedad en las variables P4, P8, P9, P12, P17, P23, P29 y P32 por lo que se eliminaron dichas variables, efectuándose de nuevo el AF para ambos casos con 30 y con 27 variables respectivamente. Los resultados de todos los casos se presentan en la Tabla 2. El arreglo factorial para seis factores se presenta en la Tabla 3. Por el Principio de Parsimonia ya explicado antes y buscando una mayor simplicidad en el arreglo obtenido, se escogió como resultado aceptable el arreglo factorial de seis factores y 27 variables, ya que las diferencias con el arreglo original de ocho factores y 35 variables no son significativas: el valor del Determinante sigue siendo muy cercano a cero, la Varianza Total Explicada solo cae del 59.039% al 55.854%, una disminución de tan solo el 3.18% , El valor de KMO solo disminuye de 0.917 a 0.916 y el alfa de Cronbach solo disminuye de 0.942 a 0.923, siendo estos, valores muy altos y adecuados para un análisis de este tipo. [77, 78 y 79].

Como Resultado del Análisis Factorial aceptado se obtuvo el arreglo de los Factores que Determinan la Capacidad de Emprendimiento en un Estudiante. Ver Tabla 4.

P15	Me gusta alcanzar los objetivos que me propongo
P7	Tengo confianza en mis capacidades y posibilidades
P31	Suelo cumplir los compromisos para acabar un trabajo
P30	Me considero bueno en el trabajo que hago
P6	Me gusta asumir responsabilidades
P14	Me gusta tener capacidad de decisión
P35	Sueles cumplir los plazos que te fijas para realizar un trabajo
P20	Me considero una persona ambiciosa
P26	Me considero una persona motivada
P24	Me gustan los retos
P33	Siento mi espíritu aventurero
P22	Se encontrar soluciones ante los problemas
P19	Me resulta fácil asignar tareas a los demás
P13	Si necesito ayuda, la pido
P11	Para mí es importante disponer de autonomía en mi trabajo
P27	Si el trabajo lo requiere, soy capaz de sacrificar mi tiempo libre
P25	Se me da bien administrar los recursos económicos
P21	Tengo predisposición para asumir riesgos
P10	Me considero una persona ambiciosa
P34	Si existe algo que “no hay manera de hacer”, encuentro esa manera
P16	Me considero una persona creativa
P5	Soy una persona intuitiva
P3	Me adapto con facilidad a los cambios
P1	Me considero una persona emprendedora
P28	Tengo facilidad de comunicación
P2	Soy una persona con una actitud positiva
P18	Me considero una persona optimista

Tabla 4 Factores que determinan la Capacidad de Emprendimiento en un Estudiante.

Fuente: Obtenida de SPSS 23.

4 I CONCLUSIONES

Se aplicó el instrumento PERFIL DE CAPACIDAD EMPRENDEDORA (PERFIL e20) a una muestra de 235 alumnos del 5to. Semestre en adelante de la Universidad de Sonora Unidad Norte**.** Se efectuaron las pruebas requeridas para considerar válido un análisis factorial resultando validas estas pruebas con un determinante de 0.0000001744. La prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa, la prueba KMO de adecuación de la muestra fue de 0.917, la fiabilidad del instrumento fue de 0.942 y la prueba de Normalidad de Kolmovorov-Smirnov fue significativa para todos los ítems y el nivel de confiabilidad de Alfa de Cronbach igual a 0.942. En el caso de este estudio como n=235, entonces el punto

de corte de significancia para una carga factorial significativa es igual o mayor a 0.38.

El análisis factorial arrojó un arreglo de ocho factores que se aparta de la teoría del constructo de este instrumento para medir el Emprendimiento. Se repitió este análisis para obtener siete y seis factores y así obtener valores y poder realizar un comparativo respecto a la Varianza Total Explicada (VTE), su Determinante, su KMO y su Alfa de Cronbach.

El constructo de este instrumento se compone de los seis factores ya descritos anteriormente, pero para acercar más este resultado a las dimensiones teóricas de los autores de este instrumento de medición, este análisis factorial se ajustó a la obtención de seis factores para ser congruente y buscando apegarse lo más posible al constructo. Al analizar el resultado con seis dimensiones se pudo ver que las variables P4, P8, P9, P12, P17, P23, P28 y P32 resultaban muy ambiguas ya que sus autovalores caían en más de un factor por lo que fueron eliminadas, atendiendo el Principio de Parsimonia y buscando obtener simplicidad de descripción y cálculo. Disminuyó el número de variables de 35 a 27. Se escogió este arreglo factorial ya que su VTE fue de 55.854%, el valor del Determinante 0.0000359, KMO= 0.916 y con una confiabilidad de 0.923; todos estos valores considerados muy buenos para la experimentación.

Estos resultados indican que dicho cuestionario es válido y confiable y que su estructura permite exponer los resultados obtenidos en la presente investigación haciendo inferencia válida en la población con la información obtenida de la muestra. Sin embargo, se recomienda ampliar este estudio a las muestras de las tres unidades regionales de la UISON para obtener componentes más significativos en cuanto a la correlación entre las variables del instrumento.

REFERENCIAS

[1] Secretaría de Economía (SE). (2016). Responsabilidad Social Empresarial. Portal de la Secretaría de Economía. https://www.gob.mx/se/articulos/responsabilidad-social-empresarial-32705 Consultado el 25 de febrero de 2020.

[2,3] Secretaría de Economía (SE). (2016). Cuarto foro de Responsabilidad Social Corporativa. Secretaría de Economía. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279207/4__Foro_Nacional_de_RSC__parte_1.pdfel 25 de febrero de 2020.

[4] Naciones Unidas (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago. CEPAL/UN.

[5] Cadena-Badilla, M., Hernández R., Vásquez J., León, F., Heredia, A. (2021). Perfil de emprendimiento de los estudiantes de la Universidad de Sonora, Unidad Norte de México.

South Florida Journal of Development, Miami, v.2, n.2, p. 3100-3117 apr./jun. 2021. ISSN 2675-5459. DOI: 10.46932/sfjdv2n2-149

[6] Matiz, F. (2009). Investigación en emprendimiento, un reto para la construcción de conocimiento. *Revista EAN*, No. 66, pp. 169-182.

[7] VECIANA, J. (1999) “Creación de Empresas como programa de investigación Científica” Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa, Vol. 8, No. 3. pp 11-36.

[8] Castillo, A. (1999). *Estado del arte en la enseñanza del emprendimiento*. Programa Emprendedores como creadores de riqueza y desarrollo regional Intec. Chile: Intec.

[9] Bruyat, C. and Julien, P.A. (2000). Defining the Field of Research in Entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, Vol. 16, No.2, pp.165-80.

[10] Low, M. (2001). The Adolescence of Entrepreneurship Research: Specification of Purpose. *Columbia Business School*. Volume: 25 issue: 4, page(s): 17-26. https://doi.org/10.1177/104225870102500402

[11] Busenitz, L., West, G., Shepherd, D., Nelson, T., Chandler, G., and Zacharakis, A. (2003). Entrepreneurship Research in Emergence: Past Trends and Future Directions. *Journal of Management*. 29(3) 285–308. DOI: 10.1016/S0149-2063_03_00013-8.

[12] Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2003). Business research methods. 8th ed. Boston, Mass.: McGraw-Hill/Irwin.

[13] Moriano, J.; Sánchez, M. y Palací, F. (2004). *Un estudio descriptivo sobre los emprendedores en España, la República Checa y Bulgaria (cap. 10)*. En “Congreso El emprendedor innovador y la creación de empresas de I+D+I”, capitulo 10, pp. 161-178. Universidad de Valencia: Valencia, España.

[14] Zahra, S., Sapienza, H. & Davidsson, P. (2006) ‘Entrepreneurship and dynamic capabilities: a review, model and research agenda’, Journal of Management Studies, 43: 917–955.

[15,51] López, C. (2008). *Influencia del comportamiento emprendedor de los mandos medios en el fomento del Corporate Entrepreneurship.* Tesis Doctoral. Universitat Ramon Llull, España.

[16,52,66] Martínez, F. (2008). *Análisis de competencias emprendedoras del alumnado de las escuelas taller y casa de oficio en Andalucía. Primera fase del diseño de programas educativos para el desarrollo de la cultura emprendedora entre los jóvenes*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España.

[17,50] Cardozo, A. (2010). *La motivación para emprender. Evolución del modelo de rol en emprendedores argentinos*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia, España.

[18] Wiklund, J., Davidsson, P., Audretsch, D. & Karlsson, C. (2011). The Future of Entrepreneurship Research. Entrepreneurship Theory and Practice. Volume: 35 issue: 1, page(s): 1-9. https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2010.00420.x

[19] Nicolás, C. y Rubio, A. (2012). El emprendimiento social: una comparativa entre España y países sudamericanos. *Revista FIR, FAEDPYME International Review*, Vol. 1, No. 1, pp. 38-49.

[20] Herrera, C. y Montoya, L. (2013). El emprendedor: una aproximación a su definición y caracterización. *Punto de vista*, Vol. 4, No. 7, pp. 7-30.

[21] Hidalgo, G.; Kamiya, M. y Reyes, M. (2014). Emprendimientos dinámicos en América Latina. Avances en prácticas y políticas. Serie Políticas Públicas y Transformación Productiva, N°16. *Corporación Andina de Fomento / Banco de Desarrollo de América Latina*.

[22] Karmarkar, Y., Chabra, M., and Desphande, A. (2014). Entrepreneurial Leadership Style(s): A Taxonomic Review. *Annual Research Journal of Symbiosis* Centre for Management Studies. 2(1), 156-189.

[23] Murillo, E. y Santillán, L. (2015). Revisión de las Investigaciones sobre teoría y práctica del Emprendimiento. Posibilidades del Monitor Global de Emprendimiento (MGE). Revista Publicando, Vol. 2, No. 5, pp. 285-299.

[24,49] Rodríguez, F. (2015). *Estudio de la intensión emprendedora en el ámbito científico público. El caso de las ciencias de la vida en España*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, España.

[25] Leitch, C., & Volery, T. (2017). Entrepreneurial leadership: Insights and directions. *International Small Business Journal,* 35 (2), 147–156.

[26,44,55,64] Denoble, A., Jung, D. & Ehrlich, S. (1999). *Entrepreneurial self-efficacy: The development of a measure and its relationship to entrepre-neurial actions.* Trabajo presentado en el Frontiers of Entrepreneurship Research, Waltham.

[27,45] Ehrlich, S., De Noble, A. y Singh, J. (2005). Corporate Entrepreneurial Self-Efficacy: Toward the Development of a Domain-Specific Measure'.Paper pre-sented at the Frontiers of Entrepreneurship Research, Babson.

[28] Sánchez, J.; Lanero, J. y Yurrebaso, A. (2005). Variables determinantes de la intención emprendedora en el contexto universitario. *Revista de Psicología Social Aplicada*, Vol. 15, nº 1, pp. 37-60.

[29,46,54,65] Moriano, J.; Palací, F. y Morales, J. (2006). Adaptación y validación en España de la escala de Autoeficacia Emprendedora. *Revista de Psicología Social*, Vol. 21, No.1, pp. 51-64.

[30] Lanero, A., Sánchez, J., Villanueva, J., y D'Almeida, M. (2007). *La perspectiva cognitiva en el proceso emprendedor*. Guillén C. & R. Guil (Coords.), X Congreso Nacional de Psicología Social: Un Encuentro de Perspectivas (Vol. 2, pp. 1594-1604). Cádiz, Spain: University of Cádiz.

[31] Tinoco, O. (2008). Medición de la Capacidad Emprendedora de ingresantes a la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, Vol. 11, No. 2, pp 18-23.

[32] Lanzas, V.; Lanzas, F. y Lanzas, A. (2009). Propuesta para medir el perfil de los emprendedores de base tecnológica. *Scientia et Technica*, Año XV, No. 43, pp. 267-272.

[33] Salvador, C. (2009). Ecuaciones estructurales como modelos predictivos de la autoeficacia emprendedora en una muestra de jóvenes mexicanos y españoles. *Apuntes de Psicología*, Vol. 27, número 1, pp. 65-78.

[34] González, R. y Zúñiga, A. (2011). Método CEPCES para la Evaluación del Potencial Emprendedor. *Journal of Technology, Management & Innovation*, Vol. 7, No. 1, pp. 77-99.

[35] Campos, R.; Figueroa, G. y Sandoval, M. (2011). *Medición de las habilidades emprendedoras: base para mejorar el programa de desarrollo emprendedor*. XV Congreso internacional sobre innovaciones en docencia e investigación en ciencias económico-administrativas. Chihuahua, Chihuahua, 5, 6 y 7 de septiembre de 2012.

[36] Merino, M. y Vargas, D. (2011). Evaluación comparativa del potencial emprendedor de Latinoamérica: una perspectiva multinivel. Academia, *Revista Latinoamericana de Administración*, No. 46, pp. 38-54.

[37] Lanero, A.; Vázquez, J.; Gutiérrez, P. y García, M. [2011]. Evaluación de la conducta emprendedora en estudiantes universitarios. Implicaciones para el diseño de programas académicos. *Pecvnia*, No. 12, pp. 219-243.

[38,47] Moriano, J.; Topa, G.; Molero, F.; Entenza, A. y Lévy-Mangin, J. (2012). Autoeficacia para el Liderazgo Emprendedor. Adaptación y Validación de la Escala CESE en España. *Anales de psicología*, Vol. 28, No. 1, pp. 171-179.

[39] Cabana-Villca, R.; Cortes-Castillo, I.; Plaza-Pasten, D.; Castillo-Vergara, M. y Alvarez-Marin, A. (2013). Análisis de Las Capacidades Emprendedoras Potenciales y Efectivas en Alumnos de Centros de Educación Superior. *Journal of Technology, Management & Innovation*, Vol. 8, No. 1, pp. 65-75.

[40] Rodríguez, D. y Gómez, A. (2014). Las competencias emprendedoras en el departamento de Boyacá. *Apuntes del CENES*, Vol. 33, No. 58, pp. 217-242.

[41] Alcaráz, R. y Villasana, M. (2015). *Construcción y validación de un instrumento para medir competencias emprendedoras*. XIX Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas: Gestión de las Organizaciones rumbo al 3er milenio “de la Regionalización a la Globalización”, pp. 1-31. Academia de Ciencias Administrativas ACACIA, México.

[42] Pérez, A y Torralba, A. (2015). Medición del emprendedurismo en el municipio de Puebla: Diagnóstico para el desarrollo empresarial. *Tec Empresarial*, Vol. 9, No. 1, pp. 19-30.

[43] Renko, M., El Tarabishy, A., Carsrud, A., Brännback, M. (2013). Understanding and measuring entrepreneurial leadership style. *Journal of Small Business Management*. Vol.53, No. 1. pp 54–74. https://doi.org/10.1111/jsbm.12086

[48] Ugalde, N. (2013). Capital intelectual, características del emprendedor e innovación. El caso de las MIPYMES Costarricenses. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, España.

[54] Barón, F. y Téllez, F. (2004). *Apuntes de Bioestadística: Tercer Ciclo en Ciencias de la Salud y Medicina*. Departamento de Matemáticas Aplicada. Universidad de Málaga. http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap02.pdf

[56] Chen, C., Green, P. and Crick, A. (1998). Does Entrepreneural Self-efficacy Distinguish Entrepreneurs from Managers? *Journal of Business Venturing*, 13, 295-316.

[57,59] Chell, E. 2000. “Towards researching the ‘’opportunistic entrepreneur’’: A social constructionist approach and research agenda.” *European Journal of Work & Organizational Psychology* 9(1):63-80.

[58] Krueger Jr, N., Reilly, M., & Carsrud, A. (2000). Competing models of entrepreneurial intentions. *Journal of business Venturing*, 15(5), 411-432.

[60] Ehrlich, S., De Noble, A., Moore, T. y Weaver, R. (1994). After the cash arrives: A comparative study of venture capital and private investor involvement in entreprenurial firms. *Journal of Business Venturing,* 9, 67-82.

[61,62] Maneiro, N.; Mejías, M.; Romero, M. y Zerpa, J. (2008) Evaluación de la Calidad de los Servicios, una Experiencia en la Educación Superior Venezolana. *EDUCERE*, Vol. 12, No. 43, pp. 797-804.

[63] Vega, R., Cadena, J., Mejías., A, y Guzmán, R. (2014). Análisis de la calidad de los servicios académicos: caso de estudio Ingeniería Industrial y de Sistemas Campus Caborca, Universidad de Sonora, México. Memorias del VII Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias 2014. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú 2014. ISSN 1856-8343.

[67] Merino, César. & Lautenschlager, Gary. (2003). Comparación estadística de la confiabilidad alfa de Cronbach: Aplicaciones en la medición educacional y psicológica. *Revista de Psicología* – Universidad de Chile, 12(2), 129 – 139.

[68] Caetano, A. y Gonzalo, N. (2003). *Marketing en los servicios de educación modelos de percepción de calidad*. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Comercialización e Investigación de Mercados.

[69] Carretero-Dios, H. Pérez, C. (2005). Normas para el desarrollo y revisión de estudios instrumentales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*. Vol. 5, No. 3, pp. 521-551 [Fecha de consulta: 31 de julio de 2019] Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33705307 ISSN 1697-2600.

[70,77] Kaiser, H. (1960). The application of electronic computers to analysis factorial. *Educational and Psychological Measurement,* 20, 141-151.

[71,72,78] Tabachnick, B. y Fidell, L. (2007). Using multivariate statistics. 5th Edition. Boston: Harper Collins.

[73,74,79] Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (2010). Análisis Multivariante. 5ta. Ed. Madrid: Ed. Pearson Prentice-Hall.

[75] Morales, P. (2011). El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de test, escalas y cuestionarios. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Apuntes de Materia: Análisis Multivariante. (Última revisión, 8 de Enero, 2011). Disponible en: http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/AnalisisFactorial.pdf

[76] López, C., y Baniandrés, N. (2013). El principio de parsimonia en la ciencia cognitiva actual: Riesgos y soluciones. Ciencia Cognitiva, 7:2, 28-30. Recuperado de http://www.cienciacognitiva.org/files/2013-10.pdf

[80]

PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO: CASO DE ESTUDIO

Data de aceite: 01/02/2023

Amanda Fernandes Pereira da Silva
Graduado en Ingeniería Civil, Centro Universitario San Agustín, Teresina-PI

Hildegard Elías Barbosa Barros
Graduado en Ingeniería Civil, Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina-PI

Diego Silva Ferreira
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Maestría en Ingeniería de Materiales, IFPI, Teresina-PI

Lucas Tomaz Leite
Graduado en Ingeniería Civil, Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina-PI

RESUMEN: Numerosos son los factores que intervienen en el proceso de corrosión de refuerzos en estructuras de hormigón armado donde su origen proviene de diferentes fuentes. En vista de esto, con el fin de contribuir al desarrollo de la investigación sobre el tema, este trabajo llevó a cabo una encuesta, análisis y juicio de las condiciones de servicio en estructuras corroídas de un edificio residencial (Teresina-PI). Más adelante, se discuten las posibles causas más recurrentes que pueden haber provocado la aparición de este problema y, poco después, se comentan los pasos que se pueden tomar para solucionarlo con el fin de evitar que el mismo problema ocurra en el futuro. Se entendió que es fundamental aplicar medidas intensas (criterios de durabilidad) en los proyectos y ejecución de la obra junto con las principales medidas de prevención. Además, la inspección/mantenimiento es un procedimiento fundamental para la elaboración del correcto pronóstico y corrección de la patología.

PALABRAS CLAVE: Patología, Corrosión en refuerzos, Hormigón armado.

INTRODUCCIÓN

Se sabe que para tener una estructura efectiva, debe cumplir con los lineamientos mínimos de seguridad, rendimiento, durabilidad, resistencia y ejecutarse de manera económica. El hormigón, un material compuesto de agua, cemento y áridos (cabrito y grande) con presencia o no de aditivos, tiene características ventajosas en cuanto a economía, conservación y alta resistencia a los esfuerzos de compresión, entre otras ventajas, pero tiene baja resistencia a las

tensiones de tracción. Por lo tanto, se sugiere su uso junto con el acero, ya que este material tiene una excelente resistencia a la tracción, surgiendo así el hormigón armado.

Pero para que las estructuras de hormigón armado se mantengan estables, además de que ambas (hormigón y acero) trabajen juntas y de manera uniforme, deben cumplir los tres requisitos mínimos de calidad para que puedan soportar las actuaciones planificadas e imprevistas a lo largo de su vida útil sin llegar a la ruina. Tales requisitos son capacidad resistente, rendimiento de servicio y durabilidad.

Incluso las estructuras bien diseñadas y ejecutadas que son adecuadas para su uso pueden presentar un rendimiento deficiente y problemas patológicos. La ocurrencia de estos problemas se debe a fallas que pueden ocurrir durante la realización de una o más etapas de la construcción. Por lo tanto, el tema de la patología ha sido un problema en el campo de la Construcción Civil y que cada vez necesita más la preocupación por la estabilidad y seguridad de los edificios (1).

Así, este trabajo pretende analizar, a través de inspecciones visuales y juicio de condiciones de servicio, estructuras corroídas presentes en un edificio residencial en Teresina (PI) con el fin de identificar posibles orígenes, causas y mecanismos de ocurrencia que condicionaron la aparición de patología de corrosión en refuerzos de hormigón armado para que, de esta manera, Existe la posibilidad de sugerencias para reparaciones de esta patología y, por lo tanto, este trabajo sirve como ayudapara los estudios.

CORROSIÓN EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

La durabilidad, la vida útil y la seguridad son los principales aspectos que aseguran la calidad en las estructuras de hormigón armado, pero son los más afectados por el problema de la corrosión. Es el concreto el que protege al acero de este problema, porque esto es lo que asegurará la durabilidad del ensamblaje, entre otros factores, como la calidad del concreto, por ejemplo. Pero esta protección del refuerzo solo se garantiza con la existencia de una cubierta mínima que es precisamente un espesor de hormigón entre la barra de acero y la superficie exterior de la pieza que evitará el contacto del refuerzo con agentes externos agresivos (2).

El concreto es un material internamente poroso y los vacíos son el resultado del agua o el aire presente en la masa de concreto. Esto forma un tipo de conexión con el exterior que es importante para el proceso de transporte de gases, agua y sustancias agresivas disueltas en el concreto. Por lo tanto, los mecanismos de degradación están vinculados a estos poros.

Debido a la frecuencia con la que se produce y sus consecuencias nocivas para las estructuras, la corrosión en refuerzos de hormigón armado ha sido una patología considerada dominante. Por esta razón, es necesario conocer metódicamente este problema tan común al hormigón armado. Aunque existe corrosión por carbonatación (química), corrosión

uniforme, corrosión localizada, corrosión por bajo estrés, entre otras, este trabajo enfatizará solo la corrosión por cloruros (electroquímica) debido a que sus causas y manifestaciones se asemejan al estudio de caso que se llevó a cabo en las estructuras del edificio y, así, facilitar la comprensión en cuanto a la aparición de la patología y poder encontrar una manera de resolverla (2).

Corrosión por cloruro (electroquímica)

Este tipo de corrosión de los refuerzos se caracteriza por tener éxito debido a la agresividad del macroclima y el microclima. Regiones donde el ambiente más agresivo es la atmósfera salina, por la acción de la marea o niebla salina, entre otras. El fenómeno de corrosión se desencadena cuando los iones cloruro penetran en el hormigón a través de mecanismos de transporte de masa hasta que llega al refuerzo.

La corrosión de los refuerzos debido a la entrada de cloruros es uno de los problemas más graves e intensos que pueden ocurrir en las estructuras de hormigón, y también puede causar un mayor deterioro, y, reflexionando sobre la limitación de la vida útil (3). Se denomina "contenido crítico de cloruro", el presente en el hormigón, junto con el refuerzo capaz de desencadenar el fenómeno de la corrosión.

La diferencia de humedad, aireación, concentración salina, tensión en hormigón y acero y la falta de uniformidad en la composición del acero son algunos de los factores que favorecen una diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del hormigón generando la aparición del electrolito que representa una humedad presente en el interior de este material (4).

El refuerzo de acero, al corroerse, sufre pérdida de sección en la región anódica, debido a la disolución del hierro. Hay una pérdida de adherencia acero/hormigón, una reducción en la capacidad estructural de la pieza y la aparición de manchas con la coloración marrón anaranjada. En esta región anódica, hay tensiones internas expansivas resultantes de la corrosión, fluyendo un deterioro del hardware y el desprendimiento de la capa de cobertura, una desagregación (2).

No siempre cuando hay corrosión en el hardware, hay agrietamiento. Si el hormigón sufre con suficiente humedad, los óxidos se generarán a una velocidad constante y pueden alejarse a través de los poros en la masa de hormigón, apareciendo en la superficie en forma de manchas de color marrón rojizo, sin fisura. Sin embargo, es posible la ocurrencia de ambas situaciones: fisurascon m anchas corrosivas (5).

Es importante señalar que algunos autores afirman que la corrosión química también es electroquímica, pero en menor medida presenta una menor cantidad de electrolito, no clasificando este tipo de corrosión seca (oxidación) como algunos otros autores classiif (5).

ESTUDIO DE CASOS

Se realizó un estudio de caso en un edificio residencial construido en hormigón

armado, basado en cimentación directa, el zapato, con 2 pisos ubicado en entorno urbano en Teresina-PI. Las estructuras analizadas que obtuvieron sus refuerzos corroídos y expuestos fueron pilares y vigas. Fue posible determinar las posibles causas que propusieron la aparición de la patología a través de un análisispor inspección visual y juzgandolas condiciones de servicio. Durante este análisis, también se recolectó y obtuvo información a través de conversaciones informales con la persona responsable de la ejecución de las estructuras mencionadas. Entre parte de esta información, los pilares (ver Figura 1 y **2**) en estudio se caracterizan por tener dimensiones de 40x15 y vigas (ver **Figura 3 y 4**) con dimensiones de 35x14. Después de todas las evaluaciones realizadas, a continuación se presentan algunas conclusiones a las que se ha llegado.

Patología en pilares y vigas de hormigón armado

A partir de la información obtenida de la cabeza de laobra, algunas causas que causaron la corrosión resultantefueron posibles.

Posibles causas:

- Mano de obra no calificada. Descuido de los trabajadores evidenciado por la presencia de alambre que quedaron fuera de la forma, como se puede ver en la **Figura 5**, que generalmente no causan problemas, pero si se ejecutan de manera incorrecta pueden causar corrosión dejando espacios en el concreto de tal manera que causen defectos en el hardware del pilar.
- Baja calidad del material aumentando el grado de porosidad debido a una dosificación inadecuada, según el responsable.
- No se respetó el proceso de curado adecuado de la superficie de concreto.
- Falha en el diseño de estructura por la ausencia de una cubierta mínima, problemas en el dimensionamiento.
- Sin mantenimiento durante un largo período de tiempo.
- Un macroclima relativamente cálido en la región Nordeste de Piauí, con la capital de Teresina alcanzando los 40ºC favoreciendo una mayor agresividad.

Manifestación de la patología:

- Evidencia de armadura expuesta que sufre corrosión con manchas de color marrón anaranjado.

Aunque el lugar en el que se insertan las estructuras no sufre la acción de la maresia (atmósfera salina) y es urbano, existe la hipótesis de que los escáneres de corrosión están motivados por la extracción electroquímica de cloruros, porque, por la información adquirida que puede haber causado las patologías, corresponde a los factores que son específicos de este tipo de corrosión, como se explicó en temas anteriores. Por ejemplo, la macrolima de Teresina que es altamente cálida haciendo que las estructuras sufran con

una intensa incidencia solar, el manctiene color marrón anaranjado, entre otros.



Figura 1: a) Visión general del pilar de 40x15 con refuerzos expuestos sin cobertura adecuada, segregación y forma mal colocada que cedió

Fuente: El propio autor, 2017



Figura 2: Pilar con segregación de hormigón causada por mala ejecución, posiblemente porque no respetó las recomendaciones de liberación de hormigón y sin cobertura adecuada

Fuente: El propio autor, 2017



Figura 3: Viga 35x14 con su armadura expuesta y corroída por cloruros causados por la mala ejecución de la viga

Fuente: El propio autor, 2017



Figura 4: Otrosv igas 35x14 con su armadura expuesta y corroída. No hay cobertura adecuada causada por la mala ejecución de las formas

Fuente: El propio autor, 2017



Figura 5: a) Pilar 40x15; b) y c) Alambre evidenciado por mala ejecución de los materiales y puede causar problemas futuros con corrosión por cloruro

Fuente: El propio autor, 2017

Es importante aclarar que, con el juicio de las condiciones de servicio de las estructuras, las patologías encontradas se deben más a la mala ejecución de la estructura, como la falta de cumplimiento de la cubierta mínima, mala ejecución de los materiales, segregación de concreto en el lanzamiento, entre otros, y esto puede provocar el problema de corrosión electroquímica.

Intervenciones que se pueden realizar:

Con una mano de obra cualificada, se debe realizar la cobertura mínima necesaria según las especificaciones de diseño, posicionar correctamente las formas, respetar el proceso de curado del hormigón utilizando materiales de calidad para la producción del mismo y tener los cuidados necesarios en el momento de la liberación del hormigón para evitar la segregación.

Los más habituales en la intervención de estructuras en las que la corrosión es causada por la contaminación por cloruro son los métodos de reparación puntual y electroquímicos. Paratratar la corrosión electroquímica de cloruros mediante la técnica del ruido electroquímico, se deben seguir algunos pasos (5).

1. Detectar el inicio de corrosión localizada;

2. Distinción entre corrosión localizada y corrosión generalizada;

3. Caracterización del tipo de corrosión, ya sea por pica o en forma de corrosión bajo fracturación;

4. Distinción entre sistemas con corrosión activa y sistemas pasivos, donde aún no se ha producido corrosión;

5. Indicación de la velocidad de corrosión, y no una evaluación de esta velocidad;

6. Proporcionar una indicación de la intensidad del ataque corrosivo si no es posible determinar el parámetro Rn (resistencia al ruido). Medir la velocidad de corrosión es posible cuando se conoce la existencia aceptable de correlación entre el nivel (amplitud) de ruido y la tasa de corrosión. Por lo tanto, teóricamente, cuanto mayor sea la frecuencia y amplitud de las fluctuaciones potenciales observadas durante la corrosión, mayor será la velocidad de corrosión (5).

La recuperación de una estructura afectada por alguna manifestación patológica no se lleva a cabo de forma rígida, es decir, generalmente hay varios métodos o sistemas de reparación a utilizar, dependiendo de la gravedad y el tipo de manifestación. La elección del método ideal dependerá de algunos factores, como la posibilidad de acceso al sitio de reparación, factores económicos y limitaciones técnicas, que varían de un caso a otro. En el caso de estructuras deterioradas por corrosión de refuerzos, la situación se complica un poco más, ya que la reparación debe actuar en un entorno que se ha demostrado agresivo (6).

Cabe señalar que no se abordará ninguna medida que implique el fortalecimiento de las estructuras. Sise debe a la corrosión de los refuerzos, se observan algunos métodos de tratamiento: reparaciones localizadas, reparaciones generalizadas, eliminación electroquímicade cloruros, siendo este último mencionado anteriormente (5). Las reparaciones localizadas consisten en la exposición del refuerzo en los tramos corroídos, la ejecución del tratamiento in situ y la posterior reconstitución de la sección del elemento. Al abrir la estructura de hormigón, los componentes de acero deben limpiarse a fondo, estar libres de productos de corrosión y tratarse con productos que eviten la corrosión, preferiblemente a base de zinc. En este caso, la presencia de zinc tiene como objetivo actuar como ánodo de sacrificio, protegiendo la armadura de reacciones de eliminación. Para reparaciones generalizadas, se utilizan los mismos materiales y procedimientos, y se pueden realizar cuando se desea eliminar el concreto contaminado de manera preventiva. Esta es la intervención más común, porque sus técnicas de ejecución ya son bien conocidas por los profesionales y están bien difundidas en la industria de la construcción, con sus resultados, en términos de restablecimiento del rendimiento estructural, altamente satisfactorios cuando se ejecutan correctamente (7).

El objetivo principal de la recomposición estructural, en el caso de la corrosión de los refuerzos, es restaurar la protección del refuerzo mediante el restablecimiento de las propiedades físicas y las características estéticas y geométricas del componente de hormigón. La secuencia de actividades, considerada ideal para la práctica de la recuperación, se muestra en la ilustración de la **Figura 6**.

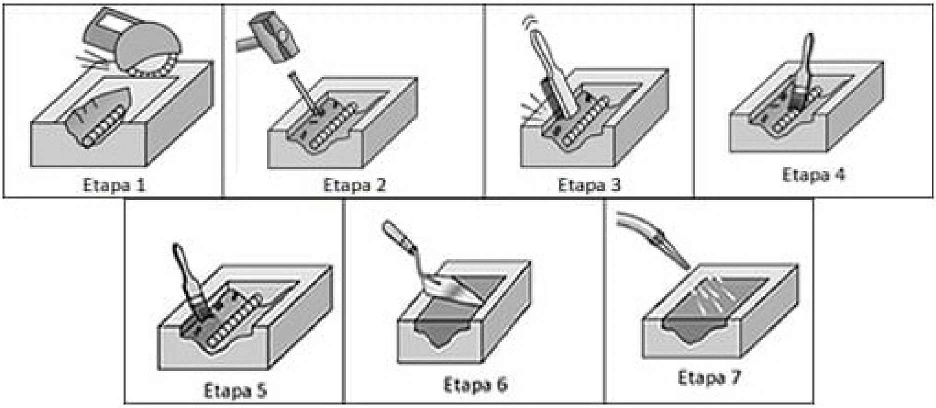


Figura 6: Resumen de los principales pasos para larecuperación de refuerzos corroídos

Fuente: www.aecweb.com.br, 2017

En la Figura 6, Paso 1: se refiere a la limitación del contornod de la reparación con una sierra circular; Paso 2: r emoción del material dañado; Paso 3: l impeza que se puede hacer manualmente o con un chorro de arena; Paso 4: p reparación de la capa de adhesión; Paso 5: ry vestimenta del refuerzo (pintura); Paso **6**: Composicióndel hormigón; Paso 7: p Enrutamiento de la superficie de hormigón con un curado del mortero generalmente hecho con agua potable (7).

CONCLUSIÓN

Como se ha visto, pueden surgir muchos problemas en las estructuras y pueden evitarse si hay un mayor cuidado en el desarrollo de los proyectos y sus especificidades. Es necesario conocer la utilidad de cada estructura teniendo en cuenta las intervenciones necesarias que necesita, como el mantenimiento preventivo, para que cumpla su aplicación con satisfacción. Además, también es necesario que el diagnóstico correcto acompañado de la elección correcta para reparar los problemas es que asegure el éxito en el trabajo realizado y evite intervenciones inútiles.

Por lo tanto, este trabajo buscó identificar las causas probables y principales, a través de la inspección visual (encuestas) y la recolección de datos lograda por entrevistas formales con la persona responsable de la ejecución, patología de corrosión encontrada en estructuras de vigas y pilares. Así como buscar alternativas que se puedan realizar para resolver el problema siempre con el objetivo de ampliar el rango deconocimiento de los métodos reparatorios. Y a través de esto se encontró que la mano de obra no especializada, la ausencia de una cubierta mínima, material de mala calidad, la falta de consideración en cuanto al tiempo de curado de los usos concretos, la falta de mantenimiento y la mala ejecución de los materiales, fueron las razones que más propiciaron problemas en las

estructuras como la segregación y la capacidad, causando así la patología de la corrosión electroquímica. Por lo tanto, es necesario aplicar medidas intensas (criterios de durabilidad) en los proyectos agregados al mantenimiento preventivo que asegurarán la correcta permanencia de las estructuras. Además, la técnica de mantenimiento (inspección) es esencial para establecer un correcto diagnósticoy corrección de la patología.

REFERENCIAS

(1) SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patología, recuperación y refuerzo de estructuras de hormigón.** 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

(2) ROCHA, I. **Corrosión en estructuras de hormigón armado.** Revista Ipog Online, Goiânia y diciembre/2015, p. 1-26.

(3) FIGUEIREDO, E. P. **Efectos de la carbonatación y cloruros en el hormigón.** São Paulo: IBRACON, 2005.

(4) HELENE, P. R. de L. **Corrosión en refuerzos de hormigón armado.** São Paulo: Pini, 1986.

(5) CASCUDO, O. **O Controle da Corrode de Arstose em Concreto**. 1ª ed. Goiânia: PINI y UFG, 1997.

(6) ANDRADE, C. **Manual para el diagnóstico de obras deterioradas por corrosión de armaduras**, traducción y adaptación Antônio Carmona y Paulo Helene: Pini, 1992.

(7) MEDEIROS, M. **La corrosión del hormigón es causada por la humedad y los gases nocivos.** Disponible en: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1> Acceso: 25 de diciembre de 2017.

AMANDA FERNANDES PEREIRA DA SILVA - Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), é Mestranda em Ciência e Engenharia dos Materiais pelo Programa de Pós-Graduação (PPGCM) da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e foi Aluna Especial na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Atua na área de pesquisa Materiais Magnéticos, Semicondutores e Semicondutores Magnéticos Diluídos com aplicações antibacterianas sob orientação do Professor Doutor Ramón Raudel e Professora Doutora Francisca Araújo. Além disso, seus temas de interesse são: Construção Civil, Patologia das Construções, Materiais da Construção Civil, Perícia Judicial, Concreto, Análise do Comportamento de Solos, Ensino de Engenharia e Educação à Distância.

ÍNDICE REMISSIVO

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

2

Atena
Editora
Ano 2023

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

INGENIERÍA:

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

2

Atena Editora
Ano 2023